

Ville Rantala

**Uuden tuotantoprosessin layoutin suunnittelu**

Opinnäytetyö

Syksy 2010

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka



# SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö  
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Ville Rantala

Työn nimi: Uuden tuotantoprosessin layoutin suunnittelu

Ohjaaja: Kimmo Kitinoja

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 61

Liitteiden lukumäärä: 5

---

Opinnäytetyö tehtiin Plastweld Oy:lle. Yrityksellä oli tarve laajentaa tuotantoaan, joten työssä suunniteltiin heidän uuteen tuotantotilaansa mahdollisimman hyvin toimivia layoutvaihtoehtoja. Materiaalivirroilla on suunnitelmissa suuri merkitys tuotannon toimivuuden ja yleensäkin koko opinnäytetyön onnistumisen kannalta.

Teoriaosassa perehdytään termeihin layout, kapasiteetti ja logistiikka. Siinä esitellään myös yleisesti käytössä olevien layoutien päätyyppejä sekä layoutin suunnittelussa huomioon otettavia asioita.

Työn tavoitteena oli suunnitella yritykselle layoutvaihtoehtoja, joista löytyisi sopiva vaihtoehto toteutettavaksi. Oli tärkeää löytää sopiva paikka rotaatiovalukoneelle, tuotannon työpisteille ja osavalmiste- ja valmistuotevarastoille. Koneiden ja toimintojen sijoittelun lisäksi tavoitteena oli luoda selkeät materiaalivirrat uuteen layoutiin. Suunnittelussa piti myös ottaa huomioon, että eräiden tuotteiden valmistuskapasiteetin pitää pysyä vähintään samana kuin aikaisemmin vanhassa hallissa.

Layoutin suunnittelun osuus toteutettiin kaksiosaisena. Ensin suunniteltiin karkea layout, johon määritettiin mahdollisimman tarkasti kaikki uuteen tuotantotilaan tulevat toiminnot. Myöhemmässä vaiheessa suunniteltiin kaksi toisistaan kokoonpanotilojen osalta eriävää layoutvaihtoehtoa, joita työssä oli myös tavoitteena vertailla ja analysoida. Näistä valittiin sopiva vaihtoehto yrityksen edustajien ja opinnäytetyön tekijän yhteisellä päätöksellä. Sen suunnittelua vietiin vielä hieman pidemmälle.

Opinnäytetyön loppuvaiheen pohdinnoissa pyrittiin miettimään ja listaamaan mahdollisimman kattavasti sellaisia tuotannon toimivuuteen vaikuttavia asioita, joita ei varsinaisiin layoutpiirustuksiin ollut järkevää huomioida. Vaikka tehdyn suunnitelman todettiin onnistuneen, sovittiin kuitenkin, että lopullinen päätös käyttöön otettavasta layoutista tehdään yrityksen sisällä.

Asiasanat: layout, materiaalivirta, kapasiteetti, rotaatiovalu

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Ville Rantala

Title of the thesis: Planning the layout of a new manufacturing process

Supervisor: Kimmo Kitinoja

Year: 2010

Number of pages: 61

Number of appendices: 5

---

The thesis was made to Plastweld Oy which is going to expand its production. The purpose was to design a few practical alternatives for the layout to the production area. The fluency of the material flow has a big role in the production functionality and profitability.

The theory part gets the readers acquainted with the terms like layout, capacity and logistics. It also introduces the main types of layouts and the things that you must pay attention to when designing the layout.

The target was to design the layout that suits for the company how to begin the production in a new factory. It was important to find the right places for the rotational moulding machine, work cells and stock area for the unfinished and finished products. In addition the target was to create the straight material flow to a new layout. It was also important to maintain the production capacity of some products at least in the same level as it was in the old production system.

The thesis was made in two parts. At first there was made a rough layout that included only the main things of the new production area. The more exact scenarios were refined to two different alternatives for the layout. One of those was selected and developed further as the final design.

Keywords: layout, material flow, capacity, rotational moulding

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## SISÄLLYS

## KUVIOLUETTELO

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
1.1 Työn taustaa .....	8
1.2 Työn tavoitteet.....	9
1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi.....	10
1.4 Työn rajaus .....	10
<b>2 TEORIAOSA.....</b>	<b>12</b>
2.1 Terminologiaa .....	12
2.1.1 Layout .....	12
2.1.2 Kapasiteetti .....	13
2.1.3 Logistiikka .....	14
2.2 Layoutin suunnittelu .....	14
2.3 Layoutsuunnittelun tavoitteet .....	16
2.4 Layoutin tarkastelu .....	16
2.4.1 Rajoitukset .....	17
2.4.2 Käytävien huomiointi.....	17
2.4.3 Useassa vuorossa työskentely.....	18
2.5 Layouttyypit.....	18
2.5.1 Tuotantolinja .....	18
2.5.2 Funktionaalinen layout .....	20
2.5.3 Solulayout .....	21
2.5.4 Paikkalayout.....	23
2.6 Muut layoutiin ja sen valintaan vaikuttavat seikat.....	24
2.6.1 Pakkaaminen .....	24
2.6.2 Varastointi .....	24
2.6.3 Valmistuksen materiaalivirrat, tuotteiden kuljetukset ja siirrot .....	25
2.7 Sopivan layoutin valinta .....	26

<b>3 KOKEELLINEN OSA.....</b>	<b>28</b>
3.1 Suunnitteluprosessin pohjatyö .....	28
3.2 Uuden tuotantotilan rakenteellisen pohjapiirroksen selvittäminen .....	28
3.3 Tiedonhankintaprosessi .....	29
3.4 Uuden layoutin suunnittelu .....	29
3.4.1 Karkea layout .....	30
3.4.2 Lopulliset layoutvaihtoehdot .....	31
<b>4 TYÖN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI .....</b>	<b>33</b>
4.1 Rakennuksen pohjapiirustuksen luonti ja tiedon keruuprosessi .....	33
4.2 Karkean layoutin suunnittelu .....	35
4.2.1 Rotaatiovalukoneen ja työtason paikka .....	38
4.2.2 Varastojen suunnittelu .....	38
4.2.3 Logistiset ratkaisut ja muovijätteen kierrätys .....	40
4.2.4 Tuotantotilojen suunnittelu .....	40
4.3 Kehitetyt layoutvaihtoehdot .....	41
4.3.1 Layoutsuunnittelu .....	44
4.3.2 Layoutvaihtoehtojen materiaalivirtojen tarkastelu .....	47
4.3.3 Layoutien taloudellinen tarkastelu ja layoutien joustavuus .....	49
4.4 Valittu layout .....	50
4.4.1 Layoutin viimeistely .....	50
4.4.2 Materiaalivirrat .....	52
4.4.3 Yleiset asiat, joita ei ole piirretty layoutiin .....	52
<b>5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET .....</b>	<b>54</b>
5.1 Viimeistellyn layoutehdotuksen vahvuudet .....	54
5.2 Viimeistellyn layoutehdotuksen heikkoudet .....	55
5.3 Suositeltavat toimenpiteet ja suunnittelun aikana syntyneitä ideoita .....	56
<b>6 YHTEENVETO.....</b>	<b>58</b>
<b>7 OMAT POHDINNAT .....</b>	<b>60</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>61</b>
<b>LIITE 1.</b> Uuden tuotantotilan pohjapiirustus	
<b>LIITE 2.</b> Karkea layoutversio	
<b>LIITE 3.</b> Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 1	

**LIITE 4.** Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 2

**LIITE 5.** Materiaalivirrat lopullisessa layoutehdotuksessa

## KUVIOLUETTELO

KUVIO 1. Tuotantolinja. (Haverila ym. 2005, 476.) .....	19
KUVIO 2. Funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2005, 477.) .....	20
KUVIO 3. Solulayout. (Haverila ym. 2005, 478.) .....	23
KUVIO 4. Toimintamalli helpottamaan layout-tyypin valintaa. (Slack ym. 2004, 206.).....	27
KUVIO 5. Vanhassa tuotantotilassa toimiva rotaatiovalukone. ....	30
KUVIO 6. Uuden tuotantotilan pohjapiirros. ....	34
KUVIO 7. Karkea layout. ....	37
KUVIO 8. Layoutvaihtoehto 1.....	42
KUVIO 9. Layoutvaihtoehto 2.....	43
KUVIO 10. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 1.....	47
KUVIO 11. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 2.....	48
KUVIO 12. Kehitetty layoutvaihtoehto.....	51

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn taustaa

Plastweld Oy on Vähänkyrön Tervajoella sijaitseva, vuonna 1998 perustettu yritys. Plastweld Oy on erikoistunut rotaatiovalamalla valmistettavien, asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjen muovituotteiden sopimusvalmistukseen ja siihen liittyvien lisäarvopalvelujen tuottamiseen asiakkailleen. Yrityksellä on tällä hetkellä noin 20 työntekijää ja käytössä on noin 2500 m<sup>2</sup> tuotantotilaa vanhassa hallissaan. Toimintaa on tarve laajentaa ja tuotanto toisessa, vuokratussa hallissa alkaa viimeistään syksyllä 2010. Ensimmäinen rotaatiovalun tuotantolinja on perustettu vuonna 2006. Tuleva uuden tuotantolinjan käynnistys tuplaa yrityksen tuotannon.

Asiakkaille tarjotaan rotaatiovalutuotannon lisäksi muun muassa:

- tuotteiden suunnittelua ja muotoilua tukevaa toimintaa
- muottien hankintaa sekä muottien huoltoa ja säilytystä
- extruusiohitsausta.
- tuotteiden jälkivarustelua
- valmistettujen tuotteiden toimituspalveluita.

Opinnäytetyön tekijä suoritti koulutukseensa kuuluneen työharjoittelu- sekä projektiopintojakson Plastweld Oy:ssä kevään ja syksyn aikana vuonna 2009. Harjoittelu käsitti monipuolisesti erilaisia tuotannon työvaiheita. Projektiopintojakso sisälsi tuotannon työtehtävien lisäksi myös tuotekehitystä, laadunvalvontaa, työnjohtamista, kokoonpanon kehitystyötä sekä muottiluettelojen päivytystä, joten yritys oli melko tuttu opinnäytetyön suunnittelun alkaessa.

Yrityksen oli määrä laajentaa tuotantoaan ja hankkia toinen rotaatiovalukone. Uutta konetta varten oli määrä vuokrata tuotantotila Tervajoen alueelta ja saada kone tuotantokuntoon vuoden 2010 aikana. Opinnäytetyön tekoa koskevassa palaveris-



sa Plastweldin toimitusjohtajan Jussi Timosen kanssa nousi esille monia potentiaalisia opinnäytetyöntyön aiheita. Sopivimmaksi aiheeksi valittiin uuden tuotantoprosessin layoutin suunnittelu vuokrattuun halliin. Aihe oli ajankohtainen ja koettiin, että se hyödyttää eniten opinnäytetyön tekijää sekä yritystä. Sovittiin, että suunnitellut layoutit ovat ehdotuksia, joita yritys voi yhdistellä ja hienosäätää mieleisekseen perustaessaan tuotantoa uusiin tiloihin.

Samalla sovittiin myös, että yrityksen valmistamista tuotteista ei saa puhua tässä opinnäytetyössä niiden oikeilla nimillä salassapitovelvoitteiden takia. Lisäksi aivan tarkkojen layoutpiirustusten julkaiseminen tuotannosta ei ollut suotavaa.

## **1.2 Työn tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella Plastweld Oy:lle layoutehdotelmia uuden tuotantotilan perustamista varten. Layoutin keskeisenä tavoitteena oli rotaatiovalukoneen paikan määrittäminen halliin annettujen koneen perustietojen pohjalta. Muita keskeisiä tavoitteita oli suunnitella halliin tilat raaka-aineen varastoinnille, muoteille, jäähdytykselle, viimeistelylle, jälkityölle, kokoonpanolle, pakkaukselle sekä varastoinnille. Uuteen tuotantoon täytyi suunnitella tarvittavat puskurivarastot suurille tuotteille, josta ne sopivin väliajoin siirretään vanhan hallin pihalle varastointiin. Tämä siksi, että vuokratun hallin tontilla ei ollut käytettävissä hallin ulkopuolista varastointitilaa. Tavoitteena oli luoda toimiva layout, jossa materiaalivirrat toimivat mahdollisimman vähin mutkin, välimatkat pysyvät siedettävinä ja tuotanto kykenee muutenkin toimimaan tehokkaasti. Selkeiden materiaalivirtojen avulla pyrittiin aikaansaamaan mahdollisimman hyvä tuotannon kapasiteetti siten, ettei synny turhia odotuksia ja seisahduksia, vaan tuotanto voi pyöriä keskeytyksittä. Eräiden tuotteiden kapasiteetin pitäisi pysyä ainakin samana kuin vanhassa hallissa ja mieluummin kasvaa. Tuotteiden nykyistä kapasiteettia ei tarvinnut tutkia tarkasti, sillä siihen negatiivisesti vaikuttavat seikat ovat pääosin tiedossa. Layoutin suunnittelussa piti tehdä ratkaisuja, jotka varmistavat, etteivät nämä ongelmat siirry uusiin tiloihin. Suunnittelun aikana oli otettava huomioon myös taloudelliset seikat ja se, miten tuotanto saataisiin käyntiin porrastetuilla investoinneilla.

### 1.3 Toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi

Opinnäytetyön tekijä sai käyttöönsä Plastweldin vuokraaman tuotantotilan mitat ja tuotantotiloihin joskus aikaisempaa tuotantoa varten suunnitellun vanhan layoutin. Näiden perusteella oli aloitettava suunnittelemaan tuotantotilalle layoutvaihtoehtoja, joissa yhdistyvät optimaalisesti eräiden tuotteiden valmistuksen tavoitteet. Layoutehdotelmat tuli piirtää CAD-suunnitteluohjelmalla, jotta ne ovat yrityksen myöhemmin hyödynnettävissä.

Ensimmäiseksi oli kerättävä tietoa tarvittavista ratkaisuista uuteen halliin, minkä jälkeen alettiin suunnitella ja piirtää yritykselle uuden tilan karkeaa layoutia. Vasta myöhemmin olivat vuorossa tarkemmat layoutvaihtoehdot. Sovittiin, että layoutin karkea luonnos pitää olla valmiina keväällä 2010, jotta yrityksen olisi mahdollisuus aloittaa rotaatiokoneen asennus kesän aikana. Opinnäytetyön kirjoitusprosessille ja muutenkin työn loppuunsaattamiselle aika löytyisi kesältä ja syksyltä.

Layoutehdotuksia suunniteltaessa pidettiin yrityksen ja opinnäytetyöntekijän kesken määrääjain palavereja, joissa käytiin läpi aikaansaatuja ideointeja ja vaihdettiin mielipiteitä puolin ja toisin. Opinnäytetyöntekijä sai vapaasti liikkua yrityksen vanhassa ja uudessa tuotantotilassa ja haastatella työntekijöitä layoutehdotelmien pohjalta.

### 1.4 Työn rajaus

Tarkoituksena oli luoda uudelle tuotantotilalle ja tuotantoprosessille runko layoutehdotelmilla, joita yritys voi halutessaan hienosäätää valitessaan lopullista toteutettavaa layoutia. Rotaatiovalukoneelle tuli määritellä hallista sopiva paikka, kuten myös varastoille ja tuotannon eri työvaiheille sillä tavalla, että materiaalivirrat muodostuvat selkeiksi.

Sovittiin, että yritys hoitaisi rotaatiovalukoneen tarvitsemien sähkö- ja kaasulinjojen suunnittelun yhdessä kaasu- ja sähköyhtiöiden kanssa, jolloin opinnäytetyöntekijä voisi keskittyä paremmin tuotannon vaiheiden sijoitteluun. Rotaatiokoneen vaiku-

tusalueen suojaaminen turva-aidoilla voitiin jättää yrityksen suunniteltavaksi. Yrityksen ja opinnäytetyöntekijän välisessä aloituspalaverissa sovittiin, että layoutia ei tarvitse tehdä niin tarkaksi, että jokaisen pöydän ja hyllyn paikka olisi määritetty tarkasti. Nämä kuuluvat tuotannon työntekijöiden itse suorittaman hienosäädön piiriin. Opinnäytetyön tekijä pyrki mitoittamaan suunnitelmiinsa rotaatiovalukoneen paikan ja siihen kuuluvan purkulavan sijoittumisen mahdollisimman todenmukaisesti, sillä nämä vaikuttavat suuresti muuhun työpisteiden ja varastojen sijoitteluun. Muita tiloja ei ole suunniteltu yhtä tarkalla toleranssilla, koska niissä voi tapahtua muutoksia esimerkiksi tuotteiden vaihtuvuuden ja tilauskantojen takia. Tuotannolle oli kuitenkin luotava sellaiset tilat, että ne pystyvät niissä toimimaan.

## **2 TEORIAOSA**

### **2.1 Terminologiaa**

Tässä osiossa on tarkoituksena selventää opinnäytetyön lukijoille termejä, jotka tulevat esiintymään opinnäytetyön lukemisen aikana. Lisäksi ne antavat pohjatietoa kokeellisessa osiossa selvitetystä työn tuloksista, niiden tulkittavuuden helpottamiseksi.

#### **2.1.1 Layout**

Sana layout on teollisuuden käyttöön vakiintunut käsite, jolla tarkoitetaan tehtaan tai tuotantotilan sisältämää tuotantojärjestelmän fyysisten osien, kuten koneiden, laitteiden, varastopaikkojen ja kulkureittien sijoittelua. Työnkulun ja tuotannossa käytettävien laitteiden perusteella layoutit voidaan jakaa kolmeen erilaiseen päätyyppiin: tuotantolinja-, solu- ja funktionaaliseen layoutiin. (Uusi-Rauva, Haverila, Kouri & Miettinen 2003, 407.)

Teollisuuden käytössä on myös paikkalayouteja sekä tuoteverstas- ja tuotetehdas-toimintamalleja. Kahta jälkimmäistä ei koeta tarpeelliseksi ottaa käsittelyyn tämän opinnäytetyön aikana. Opinnäytetyössä tullaan poimimaan tuotannolle toimintaideoita erilaisista layoutin päätyypeistä. Teollisesta layoutista puhuttaessa voitaisiin termi suomentaa esimerkiksi tehtaan pohjapiirustukseksi, mutta tässä työssä käytetään termiä layout.

Kaikissa tapauksissa layoutin pääsäännöksi voidaan todeta se, että tehtaasta pyritään muodostamaan mahdollisimman kompaktisti toimiva yksikkö. Erilaisten ohjaavien rajapintojen lukumäärä halutaan minimiin ja työskentelyn eri vaiheet integroidaan materiaalinkäsittelylaitteiston avulla. (Lapinleimu 2000, 137.)

### 2.1.2 Kapasiteetti

Kapasiteetti on organisaation tuotantokykyä kuvaava mittari, jonka avulla asiakkaalle saadaan toimitettua hänen tarvitsemansa palvelut tai tavarat oikea-aikaisesti ja oikean suuruisina määrinä. Edellisen lisäksi kapasiteetilla tarkoitetaan myös maksimitasoa, jolle tuotanto voi yltää. Tämän tason asettamisen suunnittelu vaatii markkinoiden asettamien vaatimusten ja pitkäntähtäimen tavoitteiden huolellista tarkastelua ja huomioonottamista. (Vonderembse & White 1996, 286.)

Mikäli organisaation tuotteiden kapasiteettivaatimukset ovat samoja tai poikkeavat vain vähän toisistaan, kapasiteettia voidaan ilmaista silloin tuoteyksiköissä. Esimerkiksi tonnia/ tunti, tonnia/päivä tai neliometriä/päivä. Siinä tapauksessa, että tuotteet vaativat erilaiset määrät kapasiteettia, se voidaan määritellä tuotantoressurssien käyttöaikana. Tästä esimerkkinä kokoonpanon kapasiteetti, joka voi olla 160 tuntia/viikko. (Uusi-Rauva ym. 2003, 344.)

Ihanteellisissa olosuhteissa yritykset kykenisivät toimimaan teoreettisella maksimikapasiteetilla, käytännössä se vain ei ole mahdollista. On monia syitä siihen, miksi yritykset eivät voi toimia tällä teoreettisella kapasiteetilla. Osa kapasiteetista voi olla tarkoituksella käyttämättä ja voi olla jokin hyvä syy, miksi sitä ei haluta käyttöön. Osa voi olla käyttämättä taas siksi, ettei sitä yrityksistä huolimatta kyetä hyödyntämään. (Vehanen & Koskinen 1998, 231.)

Kapasiteetti voidaan jakaa brutto-, netto- ja maksimikapasiteettiin (Miettinen 1993, 37). Nettokapasiteetilla tarkoitetaan todellista käytettävissä olevaa kapasiteettia ja se voi olla merkittävästi pienempi kuin teoreettinen maksimikapasiteetti. Joissain tapauksissa se saattaa olla vain 60–90% teoreettisesta maksimikapasiteetista. (Uusi-Rauva ym. 2003, 344.)

Kun nettokapasiteettiin otetaan huomioon sen suuruuteen negatiivisesti vaikuttavat sairauspäivät, vapaapäivät, uudelleenvalmistus, korjaus- ja kunnossapitotyöt sekä varakapasiteetti, saadaan määritettyä bruttokapasiteetti. Lisäämällä vielä ylityöt saatuun bruttokapasiteettiin saadaan oikea maksimikapasiteetti. (Miettinen 1993, 38.) Kapasiteetin hallitseminen pohjautuu työpisteen kapasiteettiin sekä

suunniteltujen töiden kuormitukseen. Haluttaessa selvittää suunnitellun tuotannon vaatimaa kapasiteettia otetaan avuksi termi kuormitus. Kapasiteetti ja kuormitus tulee esittää samassa yksikössä. (Uusi-Rauva ym. 2003, 344.)

### **2.1.3 Logistiikka**

Laaja-alaisesti tarkasteltuna logistiikan määritelmä tarkoittaa yrityksen kaikkien materiaalivirtojen ja niiden tietojen hallintaa. Sen tavoitteena on hallita ja ohjata tuotteen koko työnkulku raaka-aineiden valmistuksesta aina lopulliselle asiakkaalle saakka. (Uusi-Rauva ym. 2003, 397.)

Yrityksen harjoittaman logistiikan piiriin kuuluvat materiaalien hankinta, kuljetusten ja varastoinnin suunnittelu ja ohjaus. Lisäksi logistiikan keskeisiä tehtäviä ovat valmiiden tuotteiden varastointi ja kuljetusten sekä jakelun suunnittelu. Lisäksi valmistavien yritysten logistiikkaan kuuluu vielä myös organisaation sisäisten materiaalivirtojen ja toimitusten hallinta. (Uusi-Rauva ym. 2003, 397.)

Logistiikka-termiä käytetään myös suppeammassa merkityksessä, jolloin se käsittää jakelun ja kuljetusten suunnittelun. Tarkoitettiinpa termillä sitten suppeaa tai laajaa merkitystä, logistiikan päällimmäisenä tavoitteena on aina saada oikeanlainen tuote oikeana aikana oikeaan paikkaan, ja kaikki tämä mahdollisimman pienin kustannuksin. (Uusi-Rauva ym. 2003, 398.)

## **2.2 Layoutin suunnittelu**

Puhuttaessa tehtaan layoutsuunnittelusta tarkoitetaan valmistusyksiköiden, kuljetusväylien ja varastojen sijoittelua käytettävissä oleviin tiloihin. Layoutsuunnittelua on yleisesti katsottuna käytetty suppeassa ja laajassa merkityksessä. Suppeimmillaan se on sijoittelua, mutta kun mietitään laajassa mittakaavassa, se sisältää myös koko sijoittelun perustana olevan järjestelmän suunnittelun. (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 309.)

Kaikkien tuotannon layoutien suunnittelulle pätee yksi pääsääntö. Tuottavuus ja ohjattavuus ovat sitä parempia, mitä vähemmän tuotannossa on turhia rajapintoja ja liittymiä. Rajapintoja ei saa kuitenkaan vähentää työmenetelmien kustannuksella. Rajapinnat muodostuvat, kun työ keskeytyy turhien odottelujen tai muiden tuotannon sujuvuudesta johtuvien asioiden takia. Kun toimitaan ”Kerralla valmiiksi”-periaatteella, vähennetään samalla myös turhia rajapintoja. (Lapinleimu ym. 1997, 311.)

Tuotantoprosessien suunnittelu on kaiken kaikkiaan todella laaja-alainen ja vaativa tehtävä. Valmistusprosesseilla ja työtehtävien toteutustavoilla on merkittävä vaikutus tuotannolle asetettujen tavoitteiden toteutumiselle sekä valmistuksen kannattavuudelle. Suunnittelun aikana valmistusmenetelmät, koneet, laitteet sekä työskentelytavat valitaan siten, että tuotanto pystyy toteuttamaan sille annetut tavoitteet. Lopulliset layoutin valinnat vaikuttavat suoraa tuotannon kustannustehokkuuteen, aikaansaatuun laatuun, tuotannon joustavuuteen sekä aikakilpailukykyyn. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2005, 475.)

Layoutia suunniteltaessa työilmapiiriä ei tule otettua aina ensimmäisenä huomioon. Kuitenkin, työtyytyväisyys on hyvin suunnitellussa tilassa korkeampi, koska silloin ei tarvitse suorittaa turhia tuotteen siirtoja, melu pysyy kontrollissa ja talvisin ei kärsitä jatkuvasti kylmästä. (Tuotantotilojen layoutsuunnittelu, [Viitattu: 6.9.2010.])

On parempi, että työpisteen työntekijät pääsevät mukaan suunniteltaessa heidän työpisteensä layoutia, kuin että se tarjottaisiin heille täysin valmiina pakettina (Lapinleimu ym. 1997, 310). Tämä lisää varmasti ryhmän motivaatiota, mikä vaikuttaa positiivisesti myös työpanokseen. Kaiken muun lisäksi layoutsuunnittelussa pitää ottaa huomioon myös mahdolliset tulevaisuudessa edessä olevat laajennus- ja muutostarpeet. Layoutia on kyettävä muuttamaan joustavasti, mikäli tuotetyypit tai tuotantomäärät muuttuvat. Muutostarpeet pitää ottaa huomioon varsinkin vaikeasti liikuteltavien tuotannon työkalujen sijoittelussa. Ne eivät saa olla haittana, kun layoutia kehitetään jossain myöhemmässä vaiheessa. (Haverila ym. 2005, 482.)

### 2.3 Layoutsuunnittelun tavoitteet

Toiminnan kehittämisen ja tuotannon ohjauksen kannalta on edullisinta, että pyrkimyksenä ovat selkeät materiaalivirrat. Layoutin suunnittelussa keskeisenä tavoitteena on siis tehtaan materiaalivirtojen tehokas suunnittelu, jossa materiaalien kuljetuskerrat ja niiden kuljetusmatkat pyritään minimoimaan suunniteltaessa paikkoja eri osastoille ja työpisteille. Työpisteiden sijoittelussa on pyrittävä siihen, että materiaalien siirtoetäisyydet pysyvät mahdollisimman lyhyinä. (Haverila ym. 2005, 482.)

Onnistuneella layoutilla on seuraavia ominaisuuksia (Haverila ym. 2005, 482.):

- Materiaalivirrat ovat selkeät.
- Layout on joustava ja sitä on helppo muuttaa tarvittaessa.
- Materiaalien siirtotarpeet ovat vähäiset.
- Kuljetusmatkat ovat lyhyet.
- Valmistus, johon vaaditaan jokin erityisosaaminen, on keskitetty samaan paikkaan.
- Tehtaassa olevat sisäiset palvelut ovat käyttäjien lähellä.
- Materiaalien vastaanotto ja jakelu on tehokasta.
- Sisäinen kommunikaatio on helppoa ja toimii.
- Erilaisten valmistusvaiheiden erityistarpeet on huomioitu.
- Tilat on käytetty tehokkaasti.
- Myös työturvallisuus ja työtyytyväisyys on huomioitu.

### 2.4 Layoutin tarkastelu

Layoutsuunnittelu on varsin monimutkainen prosessi, johon on vaikuttamassa suuri määrä eri tekijöitä. Tuotantojärjestelmän layout muodostuu aina kompromissiksi (Haverila ym. 2005, 481). Suunnittelulla pyritään luomaan kustannustehokas tehdasympäristö, mutta kaikkia layoutiin sijoitetuksi toivottuja asioita ei ole mahdollisuus ottaa täydellisesti huomioon. Niiden välillä on pyrittävä optimointiin, jotta ympäristöstä saataisiin mahdollisimman kitkattomasti toimiva kokonaisuus.



### 2.4.1 Rajoitukset

Layouteja suunnitellaan niin uusiin kuin ostettuihin tai vuokrattuihin tiloihin. Jo olemassa olevissa tiloissa on enemmän rajoitteita kuin uusissa tiloissa, jotka voidaan suunnitella tulevaa käyttöä varten. Ihanteellisen layoutin suunnittelua haittaavia ja rajoittavia tekijöitä on olemassa paljon, muun muassa (Harmon & Peterson 1990, 41.):

- tuotantotilan kantavat rakenteet, kuten seinät, palkit ja pilarit
- suuret koneet ja linjastot, kuten maalauslinjasto, kuljettimet, automaattiset varastointi- ja keräilyjärjestelmät
- tuotantotilan korkeus
- ovien ja kulkuväylien sekä lastauspaikkojen sijainnit ja niiden koko
- tuotantotilan monikerroksisuus
- tuotantotilassa olevat viemäroinnit ja vesipisteet
- kiinteiden nosturien ja nostimien sijainnit
- rakennuksen osastojen mitat
- lattian kantokyky.

Kun rajoittavat tekijät on saatu kartoitettua, voidaan saatujen tulosten perusteella päätellä, miten hankalat tuotantolinjat tai solut on viisainta sijoittaa (Harmon & Peterson 1990, 42).

### 2.4.2 Käytävien huomiointi

Käytävät ovat niin tärkeitä teollisuudessa, että käytävien sanotaan olevan tehtaan runko. Käytävien järjestelmällisyys ja oikea sijainti luovat toiminnalle laatua. Mikäli käytävien sijoittelu ontuu, se hankaloittaa layoutin joustavuutta ja valmiutta muutoksiin. (Harmon & Peterson 1990, 48.) Käytäviä ei tulisi sijoittaa seinien viereen, koska silloin ne palvelevat vain yhteen suuntaan, kohti tilan keskustaa. Keskeimmällä kulkevat käytävät sen sijaan voivat palvella tuotantoa molemminpuolisesti. (Harmon & Peterson 1990, 49.) Tuotannon työvaiheita lähentämällä tavaran kuljetusmatkat vähenevät ja tilaa saadaan käytävistä tuottavaan käyttöön. Käytävien

leveys täytyy suunnitella käyttöä silmälläpitäen. Trukeille täytyy jättää tilaa riittävästi. (Harmon & Peterson 1990, 50–51.)

### **2.4.3 Useassa vuorossa työskentely**

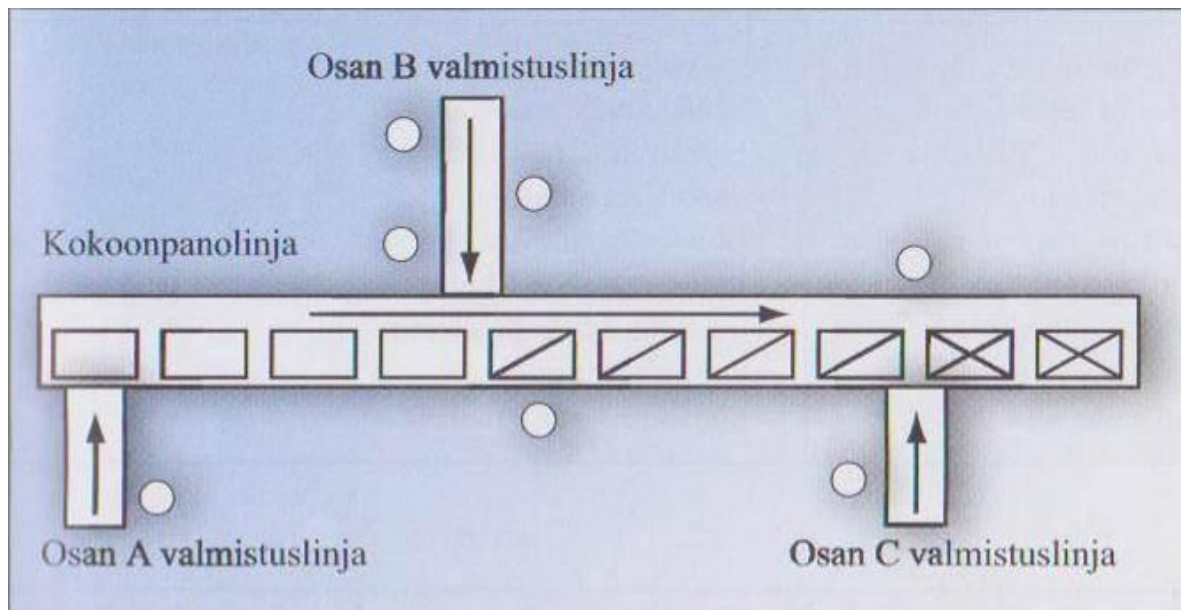
Yrityksen sisällä päätetään, minkälaisilla työvuorojärjestelyillä tuotetaan normaalin kysynnän tyydyttävä tuotemäärä. Voi olla, että tehtaan eri osastot toimivat erilaisissa vuoroissa. (Harmon & Peterson 1990, 65–66.) Layoutin suunnittelussa vuorotyöt pitää ottaa huomioon sellaisilla ratkaisuilla, että vuorotyön tekemiselle luodaan toimiva pohja. Jotta tuotanto voi pyöriä ongelmitta, esimerkiksi jos osavalmisteita tuottavaa kone toimii kolmessa vuorossa ja muu tuotanto on yhdessä vuorossa, on layoutiin luotava ratkaisu osavalmisteiden sijoituspaikaksi silloin, kun jatkojalostusta ei ole paikalla.

## **2.5 Layouttyypit**

Osioon on kasattu perustietoja erilaisista päätyypin layouteista, joita käsitellään työn kokeellisessa osiossa. Näitä ovat tuotantolinja, solulayout, funktionaalinen layout ja paikkalayout. Perustiedot toimivat pohjana myöhemmälle pohdinnalle ja niistä poimitaan ideoita ja ne helpottavat saatujen lopputulosten läpikäyntiä.

### **2.5.1 Tuotantolinja**

Tuotantolinjaan järjestetyt yrityksen koneet ja laitteet ovat siinä järjestyksessä, johon valmistettavan tuotteen sujuva työnkulku ne edellyttää. Valmistuksen ja kapaleenkäsittelyn tehokkuuden sekä korkean automaatiotason takia tuotantolinjamainen organisaatio on erikoistunut tietyn tuotteen valmistukseen. (Uusi-Rauva ym. 2003, 407.) Juuri tehokkuuden ja automaation takia työnkulku on selkeää ja eri työvaiheiden välillä käytetään usein mekaanisia kuljettimia (Haverila ym. 2005, 475).



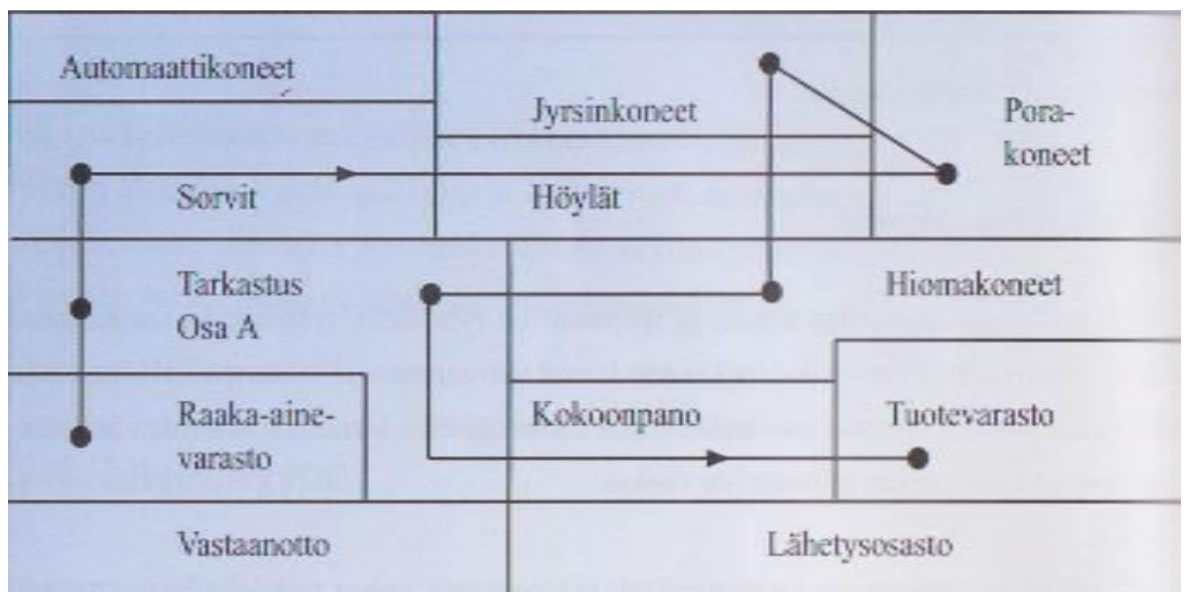
KUVIO 1. Tuotantolinja. (Haverila ym. 2005, 476.)

Suuri volyymi ja koneiden ja laitteiden korkea kuormitusaste ovat tärkeimmät edellytykset tuotantolinjan rakentamiselle. Huolimatta tuotantolinjan rakentamisen kustannusten ja muiden tuotannon aloituskustannusten huomattavasta suuruudesta tuotteen yksikköhinta saadaan alhaiseksi suurien valmistusmäärien ansiosta. Negatiivista tuotantolinjassa on sen häiriöalttius: pienikin ongelma tai häiriö tuotannon linjastossa vaikuttaa nopeasti koko linjan tuottavuuteen. (Uusi-Rauva ym. 2003, 407.)

Häiriöalttiuden takia laadunvalvonta on avainasemassa. Häiriöt aiheuttavat helposti suuriakin kustannuksia ja ongelmien syntyessä linja kykenee tuottamaan tehokkaasti myös virheellistä tuotetta. Ongelmia tuottaa myös tilanne, jossa kapasiteettia pitäisi saada kasvatettua. Linjan toteutuksen jälkeen se on vaikeaa, jos laajentumistarvetta ei ole otettu alun perin huomioon. Tuotantosarjoja suunniteltaessa kannattaa pyrkiä pitkiin sarjoihin, koska erilaisen tuotteen vaihtaminen edellisen tilalle vaatii yleensä pitkiä asetusajoja. Mitä selkeämmäksi työnkulku on saatu hiottua, sitä helpommaksi työnohjaus muuttuu. Tällöin tuotantolinjaa voidaan ohjata käytännössä yhtenä kokonaisuutena (Haverila ym. 2005, 476).

## 2.5.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisen layoutin ideana on, että samaa keskenään edustavat tuotannon toiminnot kerätään ryhmiiksi, kuten esimerkiksi perinteiset: hitsaamo ja sorvaamo. Erilaisia vaiheketjuja sisältävät tuotteet ohjataan niille työpaikoille, joita tuotteet valmistuakseen tarvitsevat. (Lapinleimu ym. 1997, 79.) Tästä layoutista voidaan käyttää myös nimitystä teknologinen layout, tämä johtuu koneiden tuotantoteknologiaan perustuvasta ryhmittelystä (Uusi-Rauva ym. 2003, 408).



KUVIO 2. Funktionaalinen layout. (Haverila ym. 2005, 477.)

Funktionaaliselle layoutille on erotettavissa kolme selkeää etua. Merkittävin niistä on, että layoutilla mahdollistetaan suuri tuotejoustavuus eli voidaan valmistaa kaikkea, mikä resurssien puitteissa on mahdollista. Toiseksi merkittävimmäksi eduksi nousee kapasiteetin käytön tehokkuus. Kun työstettävät kappaleet jonottavat vuoroaan työstöön, ei pääse syntymään turhia seisokkeja ja käyttöaste saadaan nostettua siten lähes 100 %:iin. Tällöin varsinkin erittäin kalliiden raskaiden työstökoneiden kannalta etu on suurimmillaan. Kolmas etu muodostuu siitä, että ammattitaito keskittyy sopiviin työryhmiin ja tällöin työntekijöiden osaamistaso nousee. (Lapinleimu ym. 1997, 79.)

Funktionaalisen toimintatavan negatiivinen piirre ilmenee huonona ohjattavuutena. Tuotannonohjaus on työlästä ja läpäisyajat silti hitaita. Tyypillisiä negatiivisia asioita ovat muun muassa runsas ohjattavien työpisteiden määrä, työpisteille syntyvät tuotejonot ja pitkät läpäisyajat. Ohjattavuus pysyy hyvänä, kun ohjausta vaativien työpisteiden määrä on riittävän pieni, esimerkiksi 3–6 työpistettä tai henkilöä. Jos määriä kasvatetaan suuremmiksi, ohjautuvuus huononee. Sen takia funktionaalista toimintamallia suositellaan vain pienille yksiköille. (Lapinleimu ym. 1997, 80.)

Kun verrataan tuotantolinjaa funktionaaliseen layoutiin, nousee esille, että funktionaalisen toimintamallin toteutus on helpompaa ja halvempaa kuin tuotantolinjan perustus. Lisäksi kapasiteetin kasvatus ja erilaisten tuotteiden valmistus tapahtuu joustavammin kuin tuotantolinjalla, mutta negatiivisena voidaan todeta tuotantolinjan päihittävän funktionaalisen layoutin tuottavuudessa ja korkeammassa kuormitusasteessa. (Uusi-Rauva ym. 2003, 408.)

### 2.5.3 Solulayout

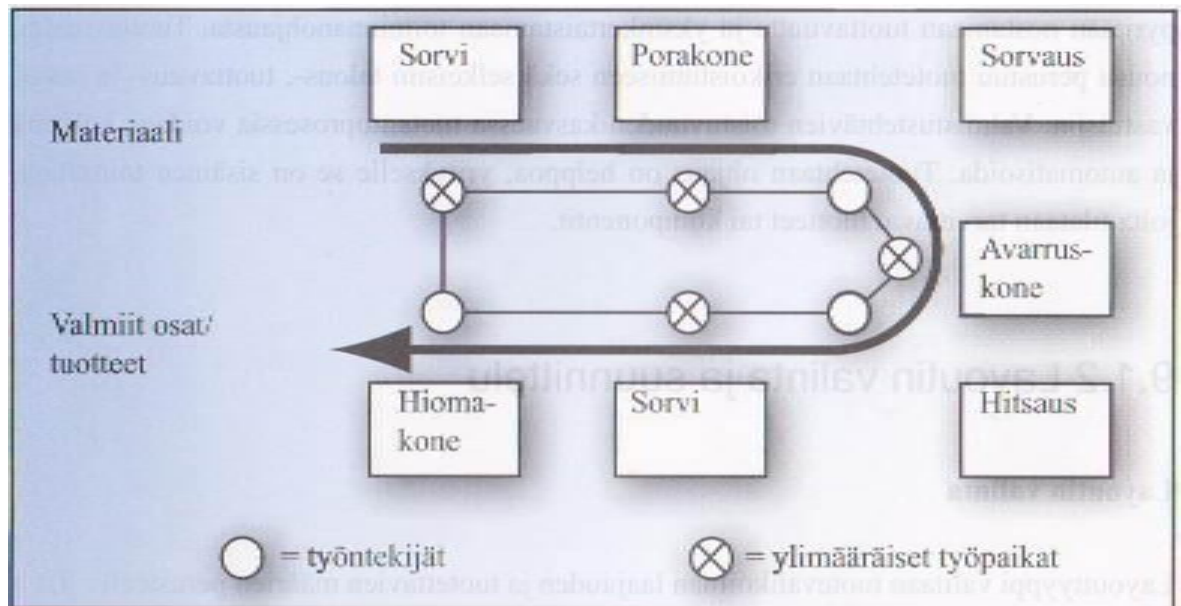
Solulayoutia voidaan pitää eräänlaisena funktionaalisen layoutin ja tuotantolinjan välimuotona. Ideana solulayoutilla on, että erilaisista koneista ja työpaikoista muodostetaan itsenäisesti toimivia ryhmiä, jotka erikoistuvat vain tiettyjen osien ja komponenttien valmistukseen tai työvaiheiden suorittamiseen. Tällä tavoin materiaalivirta pysyy selkeänä eikä synny turhia välivarastoja. (Uusi-Rauva ym. 2003, 409.)

Solun itsenäisesti toimimisen kannalta tärkeitä on, että sillä olisi (Lapinleimu ym. 1997, 85.):

- valmistettavana oma tuotteisto
- yhtenäinen alue, joka on vain solun käytössään
- tuotantokalusto, jota käyttävät vain solussa työskentelevät
- omassa käytössä olevat siirto- ja nostolaitteet
- solulle suunnattu oma henkilöstö, joista on muodostettu työryhmä, koko mieluiten 1-6 henkilöä
- vastuu kaikesta omasta toiminnastaan.

Muihin layoutvaihtoehtoihin verrattaessa voidaan todeta, että solulayoutissa läpäisyajat muodostuvat huomattavasti lyhyemmiksi kuin funktionaalisessa layoutissa. Lisäksi se on tehokkaampi kuin funktionaalinen järjestelmä oman tuoteryhmänsä puitteissa. Solun sisällä asetusajat tuotteesta toiseen siirryttäessä pysyvät lyhyinä ja solu pystyy valmistamaan joustavasti sellaisia tuotteita, joiden tekoon se on tarkoitettu. Kun verrataan tuotantolinjaan, solu osoittaa olevansa joustavampi. Solulayout on kuitenkin herkempi kuormituksen vaihteluille ja tuotevalikoimassa tapahtuville nopeille uudistuksille kuin funktionaalinen toimintatapa. Koneiden ja laitteiden kuormitusasteet saattavat solussa vaihdella huomattavasti ja keskimääräisesti ne ovatkin alhaisempia kuin tuotantolinjalla. (Uusi-Rauva ym. 2003, 409–410.)

Tuotannossa olevat tuotteet pyritään mahdollisuuksien mukaan siis valmistamaan täysin valmiiksi solun sisällä, jolloin työnkulun eri vaiheet yhdistyvät tehtäväksi samalla impulssilla. Se takaa, että työvaiheet voidaan suorittaa ilman suuria odotusaikoja. Yleistä on, että solun sisällä työpisteitä on enemmän kuin työntekijöitä. Tällä taataan mahdollisuus tasata solun sisäistä kuormitusta työntekijöiden ja työpisteen vaihdoilla. Tämä vaatii kuitenkin työntekijöiltä monipuolisuutta ja aloittekykyä, sillä työn tasauksen on tapahduttava solun sisällä spontaanisti. (Lapinleimu ym. 1997, 86.)



KUVIO 3. Solulayout. (Haverila ym. 2005, 478.)

Solulayoutin hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että eri tuotteiden tuotantomäärissä ja eräkoissa voi olla paljonkin vaihteluita. Tuotteita on myös helppoa valmistaa yksittäiskappaleina tai pieninä sarjoina. Kun tuotteita työstetään eri vaiheissa mutta kuitenkin peräkkäin, se helpottaa laadunvalvontaa: virheisiin on nopeaa ja helppoa vaikuttaa. Solumaista toimintatapaa on myös perusteltu hyväksi tavaksi, koska se toimii työntekijöiden motivaation ja tuottavuuden kohottajana. Tämä siitä syystä, että työryhmän annetaan itse vaikuttaa keskinäiseen työnjakoon, tehtävien kierrättämiseen ja he saavat muutenkin vastata itsenäisesti suorittamisestaan. (Uusi-Rauva ym. 2003, 410.)

#### 2.5.4 Paikkalayout

Paikkalayoutia käytetään suurten ja vaikeasti liikuteltavien tuotteiden valmistukseen. Sen keskeisenä ideana on, että tuotetta ei tarvitse liikuttaa, vaan työtä ja työstöä tekevät ihmiset, koneet ja työvälineet liikkuvat tarvittaessa. Esimerkkinä paikkalayoutin käytöstä on isojen laivojen rakennus: ne ovat liian suuria liikutettavaksi työvaiheiden välillä, joten tällaisessa prosessissa työntekijät ja laitteet liikkuvat. (Slack, Chambers & Johnston 2004, 207.)

Suurimpia ongelmia tuottaa sopivien, tarpeeksi suurien tilojen löytäminen kaikille materiaaleille ja toiminnoille. Lisäksi työntekijät voivat olla toistensa tiellä, kun samanaikaisesti kaikille ei löydy työskentelytilaa. Tuotannon tehokkuus on siis pitkälti kiinni toimivista keskinäisistä aikataulutuksista ja toimitusten luotettavuudesta. (Slack ym. 2004, 208.)

## **2.6 Muut layoutiin ja sen valintaan vaikuttavat seikat**

### **2.6.1 Pakkaaminen**

Pakkaamisella suojataan yleensä tuotteen laatua. Pakkaus siis suojelee tuotetta rikkoutumiselta, pilaantumiselta ja häviämiseltä, mutta samalla se suojelee myös ympäristöä tuotteen vaikutuksilta kuljetuksen aikana. (Karjalainen & Ramsland 1992, 27.)

Pakkauksen aiheuttamia kysymyksiä layoutin suunnittelulle ovat muun muassa (Karjalainen & Ramsland 1992, 42):

- Mitä pakkauslaitteita yrityksellä on käytettävissä?
- Millaiset tilat voidaan varata pakkaustoiminnalle?
- Tarvitaanko välivarastointia?
- Miten pakkausmateriaalit varastoidaan ja kuljetetaan pakkauspaikalle?

Yhteistä kaikille kysymyksille on, että pakkaaminen pitää ottaa huomioon, kun suunnitellaan layoutia. Sille on varattava riittävät tilat.

### **2.6.2 Varastointi**

Erilaiset tuote- ja materiaalivarastot ovat suurimmalle osalle yrityksistä elintärkeitä, koska niillä on merkittävä rooli toimituskyvyn turvaamisessa ja tuotantoprosessin eri vaiheiden kytkennässä. Varastot muodostuvatkin yrityksille suuriksi kustannustekijöiksi, koska niihin on sitoutuneena merkittävät määrät pääomaa. Lisäksi tule-



vat vielä varastoinnin aiheuttamat käsittelykulut. Tämän takia niihin pitää suhtautua myös kriittisesti. (Haverila ym. 2005, 445.) Pääoman lisäksi varastot tarvitsevat paljon tilaa ja tämä pitää huomioida layoutia suunniteltaessa.

Nykyaikana pyritäänkin varastoista johtuvien kustannusten minimointiin, tämä yleensä sillä varauksella ettei yrityksen halutun palvelutason ylläpito heikenny. On kuitenkin olemassa minimoinnista johtuva ristiriita: varastoitavaa tavaramäärää pienentämällä saadaan laskettua varastointikustannuksia, mutta se voi samalla nostaa merkittävästi puute- ja hankintakustannuksia. (Haverila ym. 2005, 445–446.)

Varastot ovat jossain tapauksissa yrityksille myös riskitekijöitä, varsinkin sellaisilla aloilla joissa kehitys on nopeaa. Tuote voi kirjaimellisesti vanhentua varastoon, joko teknisesti tai taloudellisesti. Lisäksi varastointi voi jossain tapauksissa vaikuttaa tuotteiden laatuun negatiivisesti. (Haverila ym. 2005, 446.)

Yrityksellä voi olla monen tyyppisiä varastoja, joita käytetään eri tarkoituksien takia, niitä ovat (Haverila ym. 2005, 445.):

- Toimituskykyä turvaavat ja varmistavat puskurivarastot.
- Kausivaihtelujen hallintavarasto.
- Välivarastot työvaiheiden kytkemiseen.
- Varastot, joilla pyritään taloudelliseen eräkokoon.

### **2.6.3 Valmistuksen materiaalivirrat, tuotteiden kuljetukset ja siirrot**

Tuotteiden ja muun tavarankin sisään- ja ulostuloreitti määrää yleensä materiaalin kulkusuunnan tehtaassa. Tämän takia tuotantoketjun ensimmäiset työvaiheet on viisainta sijoittaa lähelle raaka-ainevarastoa. (Harmon & Peterson 1990, 42.)

Joskus myös materiaalien, tuotteiden tai osien kuljetukset ja siirrot aiheuttavat varastointitarpeita. Niitä muodostuu varsinkin kuljetuserien muodostuksen, pakkauksen, lastauksen, kuljetuksen ja purun yhteyteen. Ne ovat usein turhia ja pidentävät läpäisyajoja. Tuotteen kuljetuksia tuleekin välttää kesken valmistuksen mahdolli-

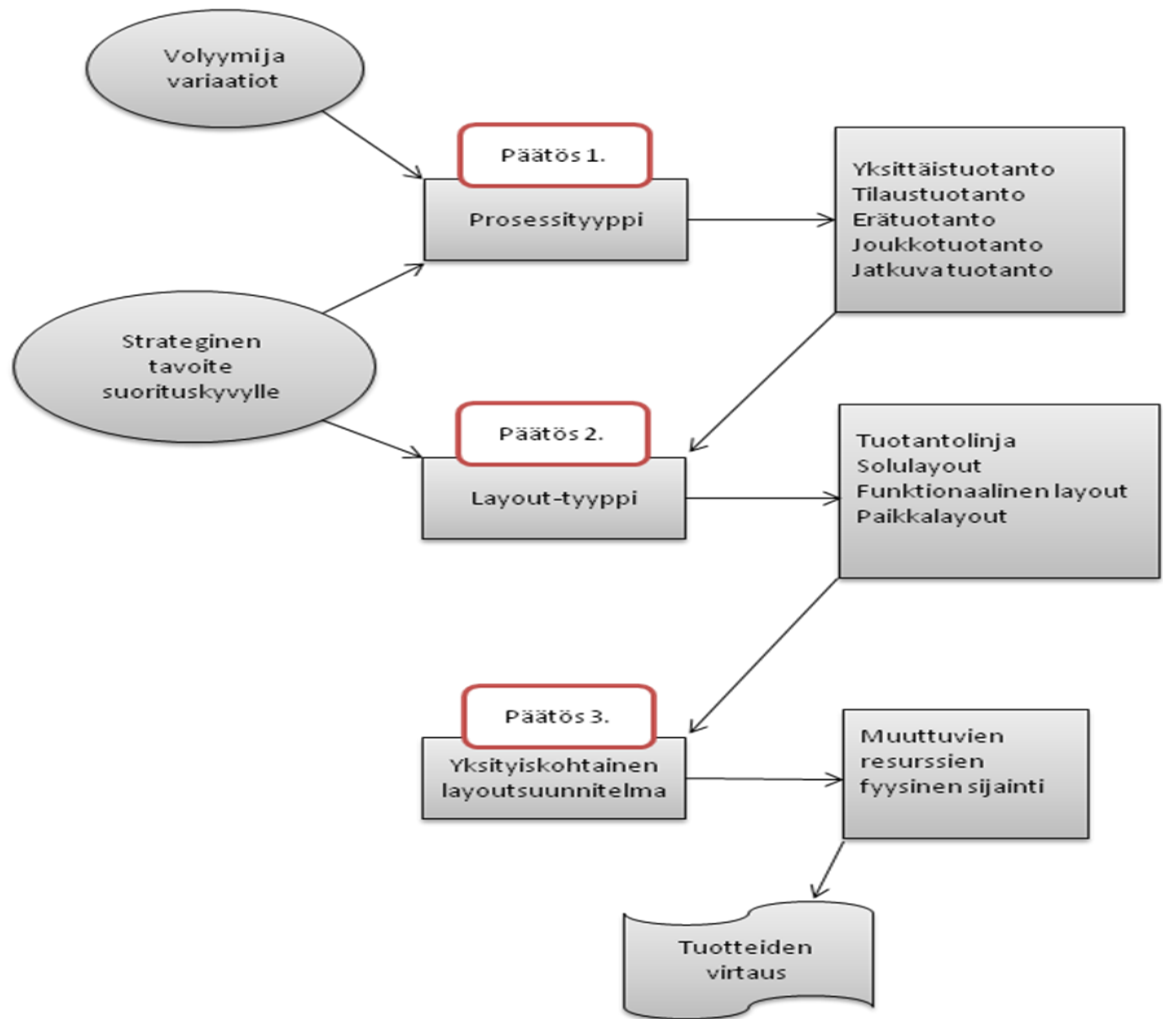
suuksien mukaan. (Haverila ym. 2005, 447.) Koska siirtojen, kuljetusten ja varastoinnin aiheuttamista lisäkustannuksista huolimatta, tuotteiden arvo ei kohoa, niiden määrää on pyrittävä minimoimaan. Erillistä kuljetusjärjestelmääkin tarvitaan vain tehtaiden välisissä siirroissa. (Lapinleimu 2000, 136.)

Aina kuljetuksilta ja siirroilta ei kuitenkaan voida välttyä ja silloin on pyrittävä toimimaan mahdollisimman kustannustehokkaasti ja tuotteiden sekä materiaalien laatua vaalien. Tässäkin opinnäytetyössä on tasapainoitava kuljetusten vähentämisen ja samalla tarvittavien kuljetusten optimaalisen toteuttamisen kanssa. Tarvittaville kuljetuksille ja tavarankuljetuksille on varattava layoutiin tilaa, jotta ne voidaan tarvittaessa suorittaa ongelmitta.

## **2.7 Sopivan layoutin valinta**

Tuotevalikoiman laajuus ja tuotettavien määrien suuruus ovat merkittäviä kriteerejä layouttyypin lopullisessa valinnassa. Kun halutaan tuottaa suuria määriä samantyyppistä tuotetta, kohdistuu valinta tuotantolinjamaisen layoutin sovelluksiin. Kun etsitään keinoja tuottaa suurta määrää tuotetyppejä, mutta pienillä tuotantomäärillä, on funktionaalinen layout parhaimmillaan. Kun tuotetaan eri tuotteita toistuvasti, muttei niin suurina määrinä, että tuotantolinja olisi kannattava sekä tarvitaan joustavuutta, valitaan solulayout. (Haverila ym. 2005, 479.)

Mikäli yrityksellä ei ole mahdollisuutta käyttää vain yhtä tiettyä layouttyyppiä on tehtävä sovelluksia. Monet yritykset ovat ratkaisseet ongelman suunnittelemalla itselleen sekamuotoja layouteista, jotka yhdistelevät eri elementtejä olemassa olevista päätyypin layouteista. On myös yrityksiä, jotka ovat sijoittaneet erilaisia päätyypin layouteja eripuolille tilojaan, eli niiden eri osastot voivat toimia eri layoutperusteiden mukaan. (Slack ym. 2004, 214.) Tuotteiden kokoonpano voi tapahtua esimerkiksi linjassa, mutta kokoonpantavat osat valmistetaan funktionaalisesti (Haverila ym. 2005, 480).



KUVIO 4. Toimintamalli helpottamaan layout-tyyppin valintaa. (Slack ym. 2004, 206.)

Kuviossa numero 4, käsitellään yhtä potentiaalista valintaprosessia, jolla tehdään layout voidaan valita. Prosessityypit ovat layout-tyyppejä laajempi käsite. Prosessityyppi vaikuttaa merkittävästi layoutin valintaan, määritetään siis millaista tuotantoa tehtaassa on tarkoitus tehdä, sen perusteella voidaan lähteä määrittämään sopivia layout-tyyppejä. Toisessa vaiheessa määritetään käytettävä layouttyyppi ja kolmannessa vaiheessa tehdään yksityiskohtainen layout-suunnitelma. (Slack ym. 2004, 205–206.)

### **3 KOKEELLINEN OSA**

#### **3.1 Suunnitteluprosessin pohjatyö**

Opinnäytetyön tekijä työskenteli Plastweldillä seitsemän kuukautta vuoden 2009 aikana, joten yrityksen tuotannosta ja tuotantotavoista ehti muodostua melko tarkka kuva tuona aikana. Kun opinnäytetyön aihe varmistui, työn tekijä vietti paljon aikaa miettien, millaiseksi yrityksen uuden tuotantotilan karkea layout kannattaisi muotoilla, jotta se olisi mahdollisimman hyvin myöhempiä layoutehdotuksia tukeva.

Opinnäytetyön tekijälle avautui mahdollisuus työskennellä myös kesä 2010 yrityksessä. Tuona aikana syntyi monia ideoita karkean layoutin jalostamiseksi tarkemmiksi layoutehdotelmiksi. Monia tuotteita, joita oli tarkoitus siirtää uuteen halliin, oli tuolloin jo tuotannossa vanhalla hallilla, joten kesä oli sopivaa aikaa senhetkisten valmistusmenetelmien ja tuotannossa esiintyvien ongelmien selvittämiseksi. Näin päästiin analysoimaan ongelmia ja mietittiin keinoja, joilla ongelmien siirtyminen uuteen halliin saatiin kitkettyä.

#### **3.2 Uuden tuotantotilan rakenteellisen pohjapiirroksen selvittäminen**

Opinnäytetyöprosessi alkoi tutustumisella rakennukseen, johon tuotantotilat oli määrä sijoittaa. Yrityksellä ei ollut tarjota kuin suuntaa antavat rakennuksen pohjapiirustukset paperiversiona. Niiden ja tiloissa suoritettujen mittauksien perusteella piirrettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla pohjapiirustukset sähköiseen muotoon. Näin päästiin tarkemmin selville käytettävissä olevan tilan suuruudesta ja rakenteesta sekä sen asettamista rajoituksista layoutille.

Rakennus, johon tuotantoa suunniteltiin, oli L-kirjaimen muotoinen. Plastweldin oli mahdollisuus vuokrata siitä vain puolet eli toinen siipi. Tästä syystä rakennuksen pohjapiirustus piirrettiin vain siltä osalta, mikä kuului yrityksen vuokrasopimuksen piiriin. Kävi myös ilmi, että tilaan piti saada sovitettua myös Plastweldin tytäryritys Kaivotuote Oy, jonka tuotanto toimi jo ennestään rakennuksessa.

### **3.3 Tiedonhankintaprosessi**

Opinnäytetyön tekijän omien pohjatietojen tueksi käytiin yrityksen johdon kanssa läpi, millaisia valmistusmenetelmiä uuteen halliin haluttiin ja mitä tuotteita siellä oli tarkoitus valmistaa. Käytiin myös läpi uusien tuotteiden rakennetta, valmistustavoitteita ja niihin liittyviä kapasiteettivaatimuksia sekä tiedossa olevia mahdollisia tuotannollisia ongelmia. Yrityksen johdon kanssa käytyjen neuvottelujen lisäksi keskusteltiin myös tuotannon työntekijöiden kanssa. Näistä hetkistä kertyi paljon arvokasta tietoa suunnitteluprosessia silmällä pitäen. Kerättyjen tietojen pohjalta alettiin suunnitella karkeaa layoutia.

Kesän 2010 aikana aikaisemmin yrityksen tuotantotavoista ja tuotteista kerätyt tiedot jalostuivat ja selkenivät entisestään. Ilmeni myös monia uusia asioita, joita voitiin käyttää hyväksi tarkempien layoutehdotelmien teossa.

### **3.4 Uuden layoutin suunnittelu**

Layoutin suunnitteluprosessi muodostui kaksiosaiseksi. Aluksi suunniteltiin karkea layout (liitteessä 2 ja kuviossa 7), minkä jälkeen valmistettiin varsinaiset layoutehdotukset, jotka nähdään liitteissä 3 ja 4 sekä kuvioissa 8 ja 9.

Teoriaosiossa kerrotaan layoutsuunnitelman yhdeksi tärkeimmäksi tavoitteeksi, että tehtaasta pitää luoda kompaktisti toimiva yksikkö, jossa eri tuotantoprosessien rajapinnat ovat minimissään. Tätä pidettiin opinnäytetyön yhtenä tärkeimmistä ohjenuorista layoutvaihtoehtoja suunniteltaessa.

### 3.4.1 Karkea layout

Karkean layoutsuunnitelman lähtötietoina käytettiin siihen mennessä tiedonhankintaprosessin tuottamia tietoja valmistettavista tuotteista ja tuotantotavoista. Layoutsuunnitelman tuli olla valmiina keväällä 2010. Suunnitelman tarkoituksena oli muodostaa yrityksen toimihenkilöille kuva uuden hallin tarjoamasta kapasiteetista sekä rotaatiovalukoneen ja tuotantotilojen sijoituspaikoista. Varsinkin rotaatiovalukoneen paikan määrittämisellä oli kiire, koska koneen saapuminen uuteen tilaan piti senhetkisen tiedon mukaan tapahtua keväällä ja asennuksen piti tapahtua kesän aikana. Vaikka koneen toimitus viivästyikin kesän puolelle, oli karkea layout tehtävä, koska lopulliset layoutehdotukset eivät olisi siihenkään mennessä ehtineet valmiiksi.



KUVIO 5. Vanhassa tuotantotilassa toimiva rotaatiovalukone.

Rotaatiovalukoneen paikan määrittämisen ohessa tuli ilmi myös toinen tärkeä ja kriittinen seikka: varastoille varatut tilat. Yrityksen tuotanto on voimakkaasti riippuvainen rotaatiokoneista, eli häiriön tai konerikon sattuessa se vaikuttaa nopeasti kaikkiin tuotantovaiheisiin. Tästä syystä varastoihin oli varattava tarpeeksi tilaa puolivalmisteille, jotka toimivat samalla tuotannon puskurina tuotannonkuormitusta tasaamassa, sekä riittävästi tilaa valmiille tuotteille. Sopivalla valmiiden tuotteiden varastolla kyetään takaamaan toimitukset myös häiriöiden aikana. Siksi tehtiinkin

päätös, että valmiit suuret tuotteet tullaan siirtämään vanhalle hallille varastoitavaksi. Tätä varten piti kehittää toimiva tapa hoitaa kuljetus ilman tuotteiden arvoa laskevia vaurioita.

Vaikka oli tiedossa, että lopulliset layoutehdotelmat olisivat karkeaa versiota hio- tumpia, pyrittiin kuitenkin jo tässä vaiheessa mahdollisimman huolelliseen ja pe- rusteelliseen suunnitteluun. Ainakin niiltä osin, mitä senhetkisten tietojen pohjalta oli mahdollista. Huolellinen esisuunnitelma säästi aikaa jatkossa.

### **3.4.2 Lopulliset layoutvaihtoehdot**

Välipalaverissa yrityksen johdon kanssa sovittiin, että tehtäisiin kaksi layoutehdo- telmaa. Niissä pyrittiin rakentamaan tuotannolle toisistaan poikkeavia tilaratkaisuja ja siten osoittamaan linjat, joiden mukaan yrityksen kannattaa tuotanto toteuttaa. Pohjana käytettiin aiemmin tehtyä karkeaa suunnitelmaa, hioutuneita faktoja sekä kertyneitä lisätietoja kesän 2010 ajalta. Näiden suunnitelmien tuli olla valmiina syksyllä 2010, jotta yritys pystyi hyödyntämään niitä käynnistäessään tuotantoa uusissa tiloissa. Layoutehdotelmissa pyrittiin ottamaan huomioon niin yrityksen johdon kuin opinnäytetyön tekijän näkemyksiä toimivasta tuotantotilasta. Kaikkea ei voitu toteuttaa, mutta pyrkimys oli luoda optimaalinen kokonaisratkaisu.

Lopullisten layoutien muotoutuessa rotaatiovalukone oli jo asennettu paikoilleen, joten suunnittelutyö painottui tässä vaiheessa lähinnä tuotannon tilojen ja tuotan- tovaiheiden sijoitteluun sekä materiaalivirtojen huomioonottoon. Poikkeuksiakin kuitenkin oli.

Rotaatiovalukoneeseen hankittu työtaso oli suurempi kuin opinnäytetyön tekijän aluksi saamien tietojen mukaan piti olla. Se johti siihen, ettei tason sijoituspaikka voinut olla karkeassa suunnitelmassa esitetty. Sijoittelu piti ottaa huomioon lopulli- sissa suunnitelmissa eri tavalla. Työtason koon kasvu vaikutti suunnitelmissa muun muassa sosiaalityötiloihin. Suunnitelman toimivuus vaati niiden pienentämistä. Työtason suureneminen vaikutti myös tuotannontyövaiheiden ja välivarastojen sijoitteluun.

Toinen kriittinen muutos karkeaan suunnitelmaan nähden oli, että eräs suurista tuotteista (liitteessä 2 ja kuviossa 7, tuote 2) ei toteudu siten, kuin aluksi oli tarkoitus. Ongelman asiasta tekee, ettei opinnäytetyötä kirjoitettaessa ollut tietoa, miten tuote tulee jatkossa toteutumaan. Yrityksen johdon kanssa käydyissä keskusteluissa tuote päätettiin jättää sivuun suunnitelmasta ja sijoittaa sille varattuun tilaan useamman pienemmän tuotteen kokoonpano. Myös yrityksen toinen suurista kokoonpantavista tuotteista koki muutoksen valmistustavassaan (liitteissä ja kuvioissa tuote 1), mutta oli kuitenkin positiivinen, tilaa vapauttava ja kokoonpanoa helpottava muutos.

Layoutehdotuksista valittiin opinnäytetyöntekijän ja yrityksen johdon välisessä palaverissa toinen, jota vietiin vielä eteenpäin muun muassa materiaalivirtojen, taloudellisen perustamisen ja kapasiteetin parantamisen näkökulmasta. Huomiota kiinnitettiin varsinkin materiaalivirtojen kulkuun, jottei pääse syntymään kriittisiä solmukohtia, lisäksi pyrittiin luomaan ratkaisuja, joilla tuotteiden 1 ja 3 tuotantokapasiteettia saadaan nostettua vanhalla hallilla tuotettuun verrattuna. Piti myös tehdä toimia, etteivät kyseisten tuotteiden valmistuksessa syntyneet ongelmat pääse siirtymään vanhasta hallista uudelle hallille. Lisäksi huomiota kiinnitettiin välimatkojen lyhentämiseen sekä puolivalmiste- ja valmiiden tuotteiden varastoihin. Lopullisessa layoutehdotuksessa mietittiin myös, miten työntekijöiden työolot saataisiin inhimillisiksi ympäri vuoden ja mietittiin asioita myös työturvallisuuden kannalta.

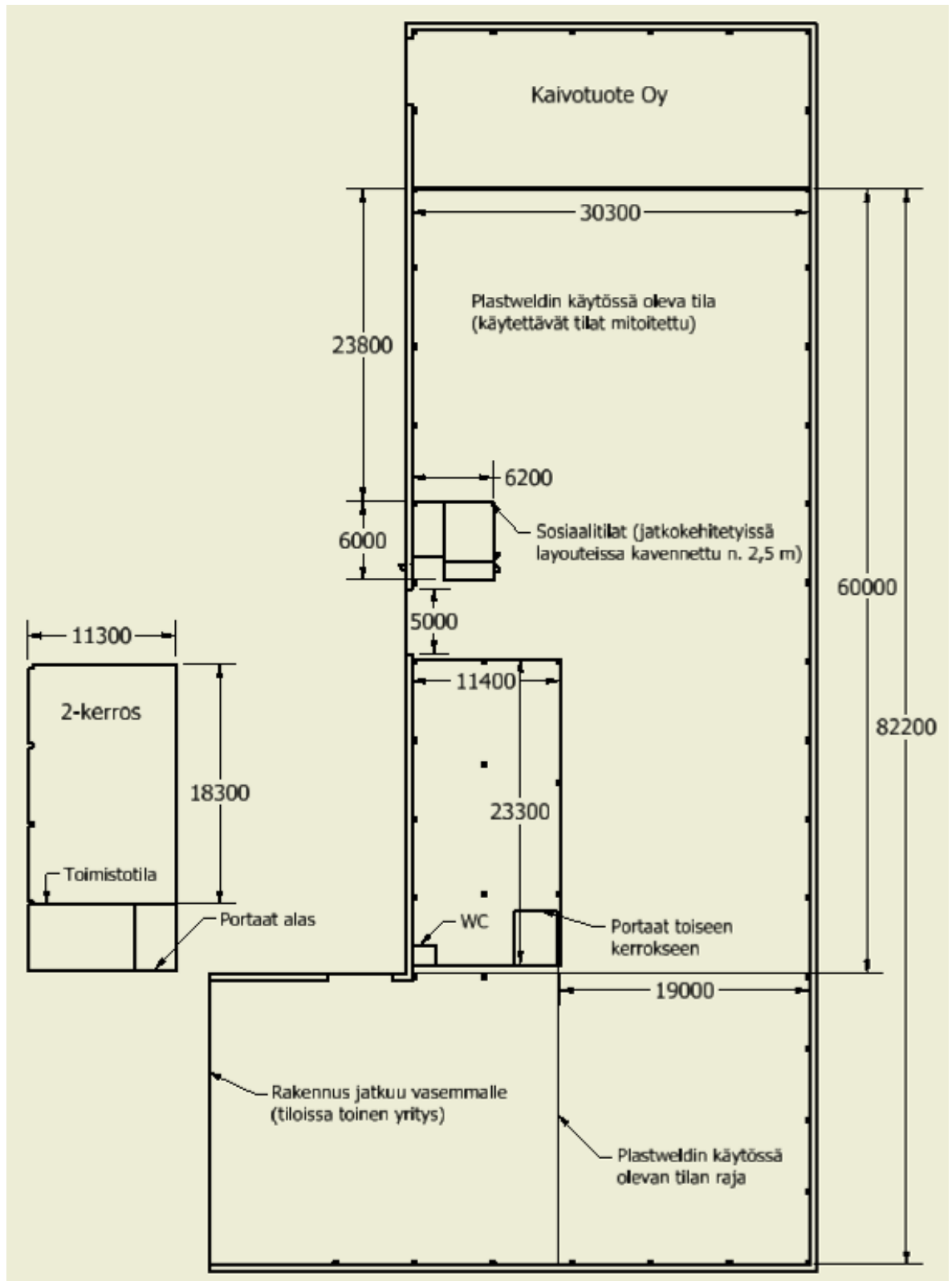


## 4 TYÖN TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

### 4.1 Rakennuksen pohjapiirustuksen luonti ja tiedon keruuprosessi

Opinnäytetyön ensimmäisenä tehtävänä oli luoda yrityksen vuokraaman tuotantotilan pohjapiirustuksesta sähköinen versio, josta nähdään tilan rakenteet sekä layoutvaihtoehtojen suunnittelua rajoittavat tekijät. Työn edetessä huomattiin, että teoriaosuuteen sivulle 17 kerätyt suunnittelua rajoittavat ja haittaavat tekijät toteutuivat myös tässä tapauksessa lähes täsmälleen samanlaisina. Pohjapiirustus luotiin Autodesk Inventor -suunnitteluohjelmalla, kuten muutkin myöhemmin tehdyt layoutit. Rakennuksen pohjapiirustus on nähtävissä liitteessä 1 sekä kuviossa 6. Siihen ei koettu tarpeelliseksi piirtää koko L-kirjaimen muotoista rakennusta vaan vain se osa, jonka Plastweld Oy on vuokrannut.

Haasteena piirroksen teossa oli yritykseltä piirtämisen avuksi saatu pohjapiirroksen paperiversio, joka ei ollut kovin tarkka ja selkeä. Siitä ilmeni kyllä joitakin kriittisiä mittoja, kuten rakennuksen ulkomitat sekä seinän vierustoilla olevien tukipilariden etäisyys toisistaan, mutta monia mittoja jouduttiin mittaamaan hallista käsin, jotta varmistuttiin mitoitusmenetelmien oikeellisuudesta. Ilman näitä tarkistusmittauksia pohjapiirustus olisi jäänyt liian näennäiseksi, minkä koettiin haittaavan myöhempien layoutvaihtoehtojen luontia.



KUVIO 6. Uuden tuotantotilan pohjapiirros.

Tässä vaiheessa piti myös päättää Plastweldin tytäryrityksen, Kaivotuote Oy:n, sijoituspaikka halliin. Yritys oli toiminut hallissa jo ennen opinnäytetyön toimeksiantajan tuloa vuokralaiseksi. Sijoituspaikaksi oli kaksi eri vaihtoehtoa, joko pitää se paikallaan hallin päädyssä tai siirtää se toiselle puolen vuokrattua tilaa (tilaan, joka toimii layoutvaihtoehtoissa muottivarastona). Neuvottelujen jälkeen päädyttiin näkemykseen, ettei siirtäminen ollut järkevää, koska siirron jälkeen Kaivotuotteella ei olisi ollut suoraa yhteyttä ulko-ovelle ja yrityksen asiakas- sekä tavaravirta olisivat kulkeneet Plastweldin tilojen läpi. Yritysten väliin päätettiin rakentaa kevyt väliseinä, jotta tuotannot eivät sekoitu toisiinsa ja ulkopuolisten turha liikkuminen tuotantotiloissa saatiin kitkettyä jo ennakolta. Kaivotuotteen sijoituspaikka on nähtävänä liitteessä 1 ja kuviossa 6 sivulla 34. Opinnäytetyössä ei tarvinnut lähteä suunnittelemaan yrityksen layoutia, koska se oli pieniä muutoksia lukuun ottamatta valmiina hallin päädyssä. Tämän takia opinnäytetyön layouteissa yrityksen tiloihin ei ole kiinnitetty muuta huomiota, kuin maininta sille varatusta tilasta.

Huomattiin, että layoutsuunnittelua rajaavia tekijöitä hallissa olivat muun muassa:

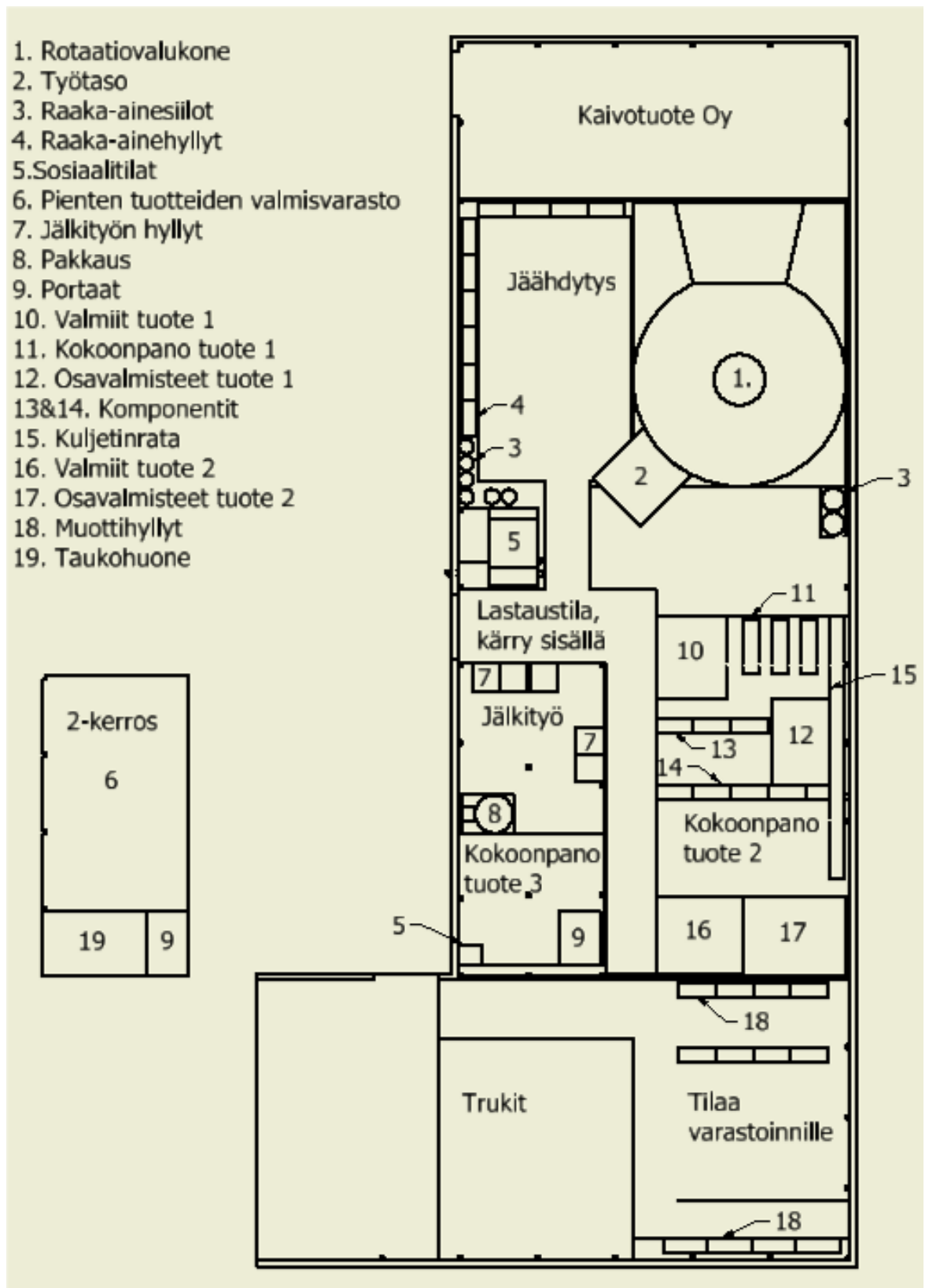
- ulkoseinät ja seinien viereiset tukipilarit
- sosiaalitilat, jotka sijaitsevat seinän vieressä aika lähellä hallin keskikoh-  
taa ja ulottuvat pitkälle kohti hallin keskustaa
- tuotannon käytössä olevia ovia ulos, käytettävissä vain yksi, eli ollaan yh-  
den oven loukussa
- osa tuotantotiloista kahdessa kerroksessa ja alakerroksessa kattokorkeus  
hieman yli 3200 mm
- Kaivotuote Oy:n vastakkainen pääty rajattava paloseinällä, jottei raken-  
nuksessa kolmantena osapuolena toimivan yrityksen tuotanto vaarannu.

## 4.2 Karkean layoutin suunnittelu

Opinnäytetyöprosessi päätettiin jakaa kahteen etappiin, karkean layoutin suunniteluun ja lopullisten layoutvaihtoehtojen suunnitteluun. Karkeaa layoutia suunnitel-  
taessa käytettiin apuna suunnitteluprosessin alussa kerättyjä tietoja sekä vuokra-  
tun hallin pohjapiirustusta. Tärkeimpänä tehtävän oli osoittaa yrityksen toimihenkilöille rotaatiovalukoneen sijoituspaikka sekä suunnitelma siitä, miten osavalmistei-

den ja valmiiden tuotteiden varastointi saadaan toimivaksi. Karkeasuunnitelma ja siihen tehdyt ratkaisut ovat nähtävissä liitteessä 2 ja kuviossa 7.

Yrityksen toiveesta layouteissa ei puhuta valmistettavista tuotteista oikeilla nimillä, vaan ne on nimetty menetelmällä: tuote 1, tuote 2... Tämä menetelmä pätee tuotteisiin, jotka vaativat kokoonpanoa. Poikkeuksen tekevät isot ja pienet tuotteet, joita ei tarvitse valun jälkeen kokoonpanna, vaan niille tehdään vain jälkityöstö, pakkaus ja varastointi. Näistä tuotteista puhutaan nimityksillä isot/pienet tuotteet, ilman kokoonpanoa.



KUVIO 7. Karkea layout.

#### **4.2.1 Rotaatiovalukoneen ja työtason paikka**

Yritykseltä saatujen rotaatiovalukoneen mittojen mukaan alettiin etsiä koneelle sopivaa sijoituspaikkaa tuotantotilaan. Lähdettiin aluksi ajatuksesta, että rotaatiovalukoneen paikka tulee olla jommassakummassa päädyssä vuokrattua tilaa. Suunnittelun aikana kävi ilmi, että vaikka kone itsessään mahtuisi kumpaan paikkaan tahansa, koneen vieressä toimiva työtaso rajoittaa kuitenkin koneen sijoitusta niin paljon, ettei sitä voitu lopulta sijoittaa kuin yhteen paikkaan eli Kaivotuotteen puoleiseen pätyyn.

Tässäkin sijoituspaikassa valukoneen työtason sijoittuminen aiheuttaa pientä ahautta sosiaalityötilojen ja työtason välille. Ongelmaksi tämä muodostuu, mikäli työtaso on vähänkään suurempi kuin alkuperäisten suunnitelmien mukaan, jolloin välitietä ei päästä enää kulkemaan sujuvasti trukilla ja tuotanto sekä raaka-aineen varastointi hankaloituvat. Työtason sijoituspaikka koneen vieressä on aika tarkka eikä sitä voinut tilan lisäämiseksi esimerkiksi kääntää, sillä muuten valumuottien tyhjentäminen ja täyttö eivät onnistu ongelmitta.

#### **4.2.2 Varastojen suunnittelu**

Opinnäytetyöntekijän aikaisemman työkokemuksen ja suoritettujen tiedonhankintaprosessien seurauksena kävi selväksi, että yritys tarvitsee riittävät muotti-, raaka-aine-, osavalmiste- ja valmistuotevarastot turvatakseen tuotantonsa ja toimituksensa asiakkaille. Tästä syystä jo karkeassa layoutissa kiinnitettiin huomiota riittävän suuriin varastoratkaisuihin.

Rotaatiovalumuotit tarvitsevat kuivan ja tasalämpöisen sijoituspaikan, jottei niihin pääse syntymään ruostetta ja muuta korroosion aiheuttamaa haittaa. Tämän takia muotit tulee säilyttää sisätiloissa. Varastopaikaksi päätettiin sijoittaa paloseinällä rajattu pääty. Seinään pitää rakentaa suuri liukuovi, josta muotit mahtuvat tuotantotilojen puolelle. Aluksi sijoituspaikaksi mietittiin tuotantotilojen toista kerrosta, mutta tarkkojen lattia/kattotason lujuuslaskelmien puute pakotti luopumaan ajatuksesta. Pitkä välimatka rotaatiokoneeseen ei muodostu varsinaiseksi ongelmaksi,

koska muotteja ei tarvitse vaihtaa ajoon edes viikoittain, ja vaihdon sattuessa se koskee vain yksittäisiä muotteja.

Raaka-ainevarastot koettiin tärkeäksi sijoittaa mahdollisimman lähelle rotaatiovalukonetta. Samalla myös raaka-ainesilojen paikkojen tuli olla lähellä hyllytyspaikkoja ja itse valukonetta, jotta raaka-aineiden annostelu valua varten saataisiin toimivaksi. Raaka-aine toimitetaan yritykselle 1200 kg:n painoisina lavoina ja tavoitteena oli luoda varastopaikat täysperävaunun lastia varten. Yhdessä lastissa lavoja on 38 kappaletta.

Osavalmistevarastot pyrittiin luomaan tuotteen lopullisen jatkojalostuspaikan lähelle. Pienet kokoonpantavat osat sijoitettiin kuormalavahyllyihin ja suurille säiliöille rajattiin tilaa lattiatasolle siten, etteivät valmiit ja puolivalmisteet sekoitu keskenään. Lattiaan tulee maalata selvät rajat, joiden sisälle tuotteita voi sijoittaa. Pienet, leikkauksia ja muita erityistyöstöjä vaativat osat kulkevat jälkityöpiirteen kautta lopulliseen sijoitushyllystöönsä kokoonpanopaikoille tai yläkerran valmistusvarastoon.

Pienten, kuormalavoille pakattavien tuotteiden varastointipaikaksi määritettiin tuotantotilojen toinen kerros, tila, johon aluksi mietittiin muottien sijoitusta. Valmiit tuotteet ovat niin kevyitä, ettei niistä synny lattia-/kattotasolle niin suuria voimia, että olisi vaarana sen pettäminen. Toisessa kerroksessa ne eivät myöskään ole muun tuotannon edessä. Isojen tuotteiden varastointi aiheutti enemmän päänsärkyä. Niitä ei suuremman painonsa ja kokonsa takia ole mahdollista nostaa toiseen kerrokseen, lisäksi ne vievät liikaa lattiatilaa eikä uudella tontilla ollut ulkoista varastotilaa. Päädyttiin ratkaisuun, jossa ne aletaan kuljettaa vanhalle hallille varastoitaviksi. Siellä riittää pihatilaa varastointiin. Ongelmana oli vain keksiä toimiva logistinen toiminto kyseistä tehtävää varten.

Rotaatiovalutuotteiden varastoinnin lisäksi yrityksellä oli tarve riittäviin kokoonpanojen toimituskomponenttien ja tarvikkeiden varastoihin. Ne päätettiin sijoittaa niitä tarvitsevien työpisteiden läheisyyteen kuormalava- ja kevyt-tavarahyllyihin. Pelivaraa varastointiin jättää palloseinällä rajattu pääty, johon toteutetaan myös muottien varastointi. Ne eivät vie koko tilaa, joten sinne on mahdollisuus tarvitta-

essa varastoida lattialle tai hyllyihin raaka-ainetta, osavalmisteita, komponentteja tai valmiita tuotteita. Keskustelua käytiin tilan saattamisesta tuottavan työn piiriin, mutta yrityksen johdon pyynnöstä varsinaiset tuotantoa harjoittavat tilat päätettiin sijoittaa paloseinän vastakkaiselle puolelle.

#### **4.2.3 Logistiset ratkaisut ja muovijätteen kierrätys**

Suurien tuotteiden siirtoon toiselle hallille oli kiinnitettävä huomiota, jotta prosessista saataisiin toimiva ja mahdollisimman vähän aikaa vievä. Yrityksessä päädyttiin hankkimaan kuorma-auton avomallinen perävaunu, jolla traktorin vetämänä valmiit tuotteet siirretään vanhalle hallille varastointiin, tarvittavin aikavälin. Samalla periaatteella tulee hoitaa myös muovijätteen siirtäminen vanhalle hallille varastoitavaksi. Kierrätyskelpoista muovijätettä syntyy tuotannossa paljon eikä sillekään löydy uudelta tontilta tilaa.

Yrityksellä oli vuokrasopimuksen nojalla oikeus käyttää vuokranantajan omistamia trukkeja ja kuormaimia. Tämä ei kuitenkaan tule kattamaan kaikkea tarvetta, joten yrityksen tulisi hankkia vähintään yksi tai mieluiten kaksi trukkia vain omaan käyttöön. Yhteiseksi trukkiparkiksi määritettiin paloseinän takaisten muottihyllyjen vasemmalle puolelle jäävä alue.

#### **4.2.4 Tuotantotilojen suunnittelu**

Karkeassa layoutissa ei lähdetty vielä valitsemaan, minkälaisen layouttyypin mukaisesti tuotanto tulisi tapahtumaan. Tärkeintä oli määrittää tuotteille omat tilansa jäähdystystä, jälkityötä, kokoonpanoja sekä pakkausta varten. Kokoonpantavia tuotelaatuja oli tässä vaiheessa tiedossa kolme, joista kaksi koostui suurista rotaatiovaletuista osista. Kolmannen ryhmän muodostivat suuret ja pienet tuotteet, jotka eivät tarvinneet kokoonpanoa. Materiaalivirtojen helpottamiseksi tuotantotilaan suunniteltiin kuljetuslinjasto, ja työvaiheiden helpottamiseksi luonnosteltiin kahdelle käytössä olevalle puominosturille sijoituspaikat. Tuotantotilassa oli käytössä myös



kaksi suurta katon rajassa kulkevaa hallinosturia, mutta niitä ei koettu tarpeelliseksi piirtää layoutiin.

Rotaatiovaletut muoviosat tarvitsevat aikaa valun jälkeen jäähtyäkseen. Tila tälle varattiin rotaatiokoneen vasemmalle puolelle. Tästä tilasta suuret tuotteet, jotka eivät tarvitse kokoonpanoa, voidaan toimittaa jälkityöstön jälkeen suoraan varastoitaviksi toiselle hallille. Jälkityöt, tuotteen 3 kokoonpano sekä tuotteiden pakkaus saivat tilan valmistuotevaraston alta. Pienet tuotteet, jotka eivät vaadi kokoonpanoa, kulkevat jälkityön ja pakkauksen kautta toisen kerroksen varastoon, samoin kuin tuote 3 oman tuotantoprosessinsa jälkeen. Suurien tuotteiden 2 & 3 tuotantotilat varataan jälkityöstä nähdén oikealle. Kokoonpanopaikoille varataan tarpeeksi tilaa komponenteille ja osavalmisteille sijoittamalla niihin riittävästi kuormalavahyllyjä. Molemmat tuotteista ovat valmiina niin isoja, että niille pitää järjestää kuljetusmahdollisuus vanhan hallin pihalle varastointia varten.

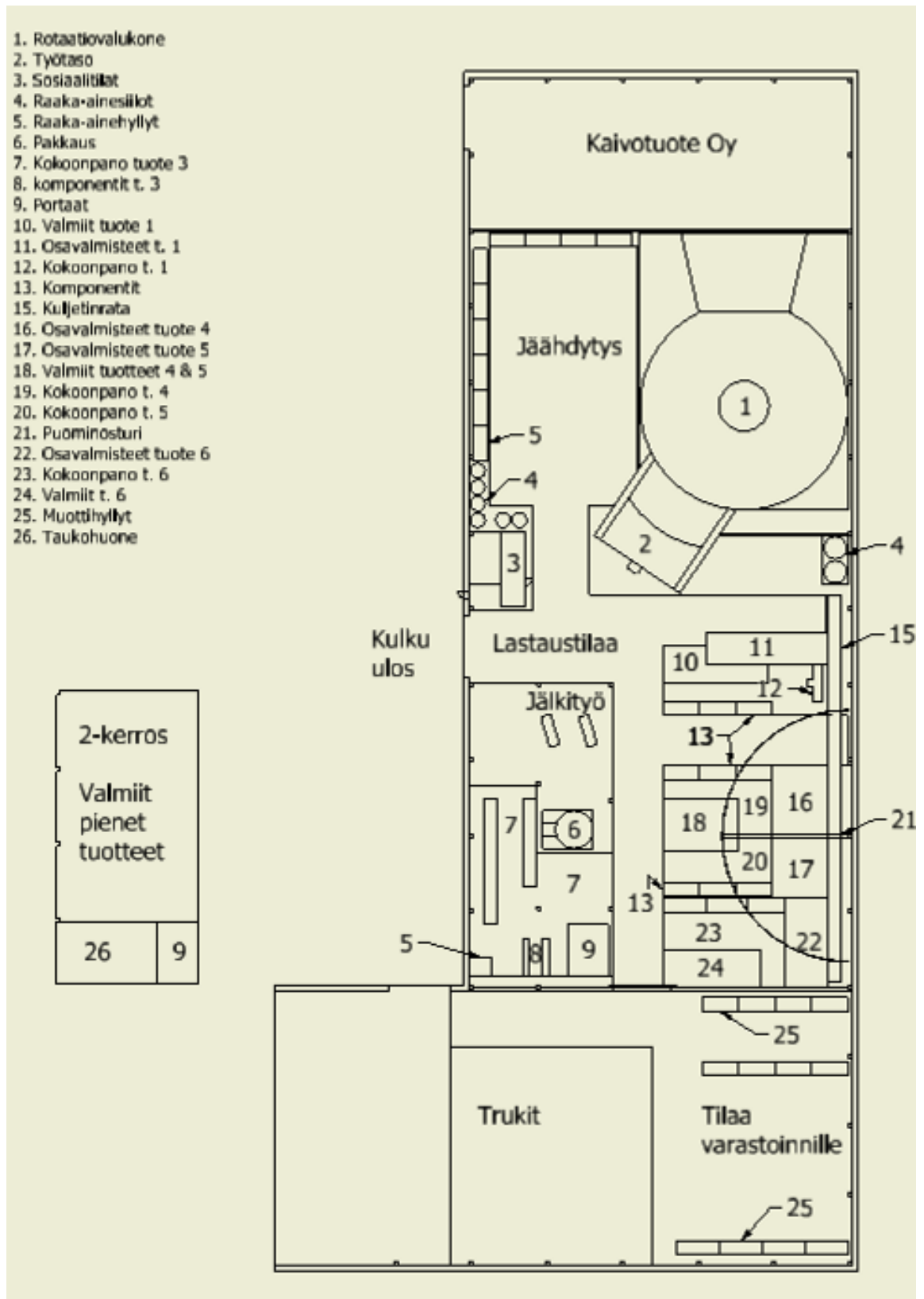
### **4.3 Kehitetyt layoutvaihtoehdot**

Kun karkea layoutversio oli saatu luonnosteltua, alkoi seuraava prosessi, jossa tähdättiin kahteen toisistaan poikkeavaan layoutvaihtoehtoon. Molempien pohjana käytettiin karkeata layoutia, sekä kesän 2010 aikana kerättyjä tietoja tulevan tuotannon tarpeista. Karkean layoutin perusidea tuotannon sijoittelusta pysyi monen tuotannon prosessin kohdalla lähes samanlaisena, mutta pientä kehitystä tapahtui.

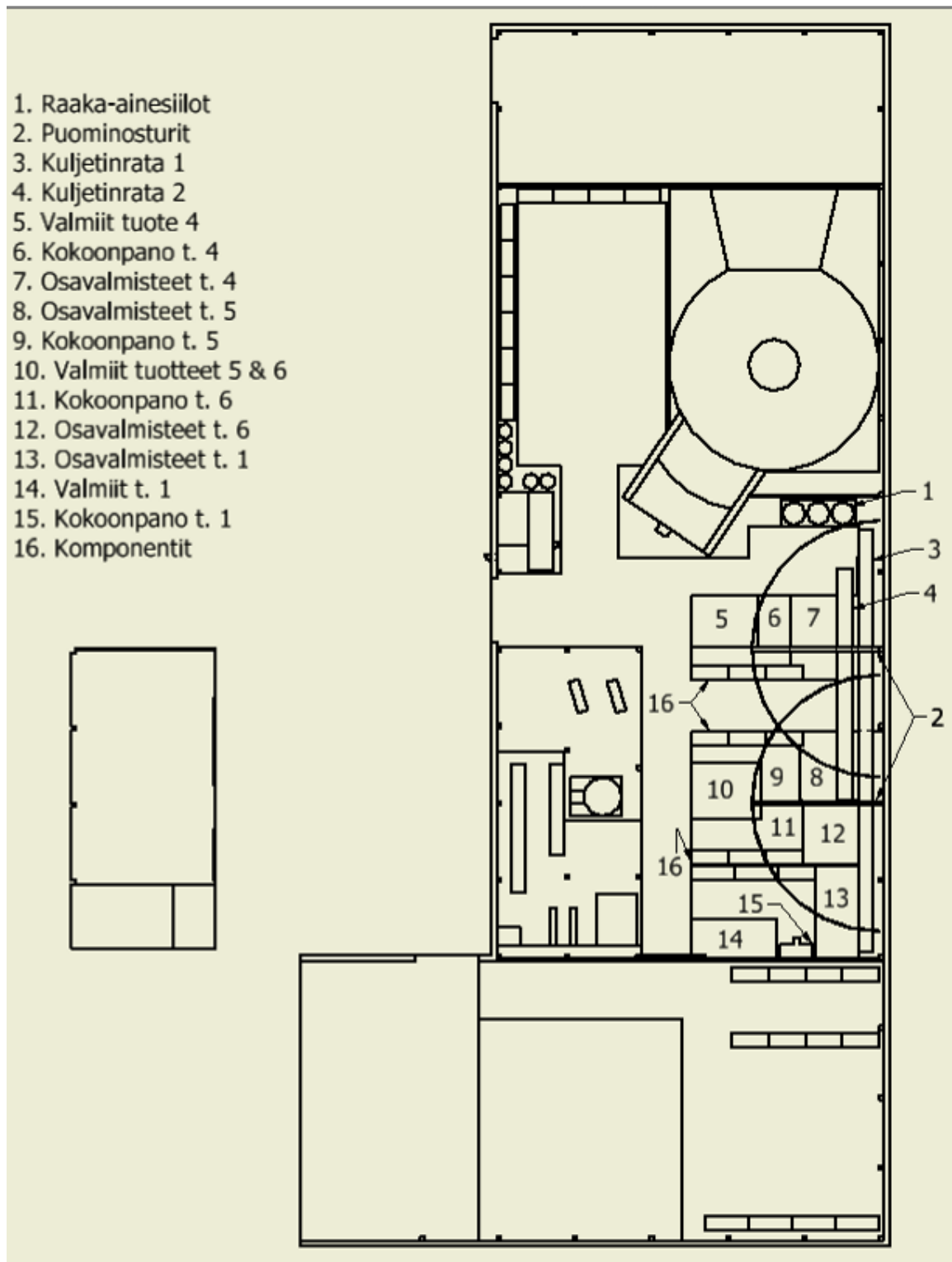
Karkeaan layoutiin verrattuna erottui kolme merkittävää muutosta. Rotaatiovalukoneen työtaso toteutui eri kokoisena kuin alkuperäisen suunnitelman mukaan oli tarkoitus. Tuotteen 1 kokoonpano toteutui eri tavalla kuin aluksi suunniteltiin sekä tuote 2 päätettiin siirtää syrjään layoutvaihtoehtojen suunnittelusta. Työtason koon vaihtuminen aiheutti muutosta sosiaalitilan kokoon. Tuotteen 2 poistuminen ja tuotteen 1 kokoonpanon muutos vapauttivat tilaa muuhun käyttöön. Vapautuneeseen tilaan suunniteltiin kolmen erilaisen tuotteen valmistusta.

Seuraavilla sivuilla kuvioissa 8 ja 9 on esitelty layoutvaihtoehtoihin suunniteltuja ratkaisuja. Layoutvaihtoehtoon 1 on nimetty tarkemmin tuotannon prosessit, kun

taas toiseen vaihtoehtoon on selitetty vain kohdat, mitkä ovat muuttuneet ensimmäisestä versiosta. Suurimmat eroavaisuudet koskevat kokoonpanoalueen toimintaa.



KUVIO 8. Layoutvaihtoehto 1.



KUVIO 9. Layoutvaihtoehto 2.

### 4.3.1 Layoutsuunnittelu

Yrityksen johdon kanssa käydyissä neuvotteluissa päädyttiin johtopäätökseen, jonka mukaan koko tuotantoa ei tarvitse saada toimimaan sujuvasti yhden ainoan layout-pääperiaatteen mukaisesti. Oli selvää jo tiedonkeruuprosessia analysoitaessa, ettei yhdellä periaatteella toimiminen onnistuisi, mutta asialle oli hyvä saada sinetti. Layoutehdotusten suunnitteluun lainattiin periaatteita monesta valmistustavasta.

Opinnäytetyön tekijä käytti oman työskentelynsä apuna teoriaosuudessa sivulla 27 esiteltyä toimintamallia helpottamaan käytettävien layouttyyppien valintaan. Ensimmäiseksi mietittiin kullekin tuotantopaikalle prosessityyppi, joka määrittää millaista tuotantoa paikalla halutaan harjoittaa. Tämän pohjatyön avulla valittiin tuotantopaikoille, jokin myös teoriaosuudessa esitellyistä layoutin päätyypeistä. Mikään tyyppi ei yksityiskohtaisen suunnittelun aikana kuitenkaan toteutunut kirjaimellisesti, vaan niistä lainattiin tuotantoideoita käyttöä varten.

Suunnittelun aikana tultiin johtopäätökseen, että raaka-aineen ja muottien varastointi, jäähdytys, jälkityöpiste sekä pienten tuotteiden valmisvarasto toteutetaan layoutvaihtoehtoihin, pitkälti karkean layoutin pohjalta. Nämä toimivat funktionaalisen periaatteen mukaisesti, eli samanlaiset toiminnot on keskitetty yhteen työalueeseen. Ainoana erona karkeaan layoutiin on, että jälkityöpisteestä poistetaan hyllyt, jotteivät puolivalmisteet jää niihin seisomaan, vaan työpisteen kautta kulkeva tavara kulkeutuu sujuvasti kokoonpanoon tai pakkauksen kautta varastointiin eli sovelletaan teoriaosuudessa esiteltyä ”kerralla valmiiksi”-periaatetta. Tavarant siirrot hoidetaan liikuteltavilla hyllyillä. Hyllyt antavat pelivaraa, koska rotaatiovalukone tulee toimimaan useammassa työvuorossa kuin jälkityöt ja kokoonpano. Funktionaalisen layoutin periaatteita lainaamalla, saadaan tuotannolle aikaiseksi suuri tuotejoustavuus ja kapasiteetin käytön tehokkuus, kun ei synny turhia seisokkeja. Näin työpisteissä on myös mahdollisuus valmistaa kaikkea mitä käytettävien resurssien puitteissa on mahdollista. Etuna on lisäksi, että esimerkiksi jälkityöhön saadaan keskitettyä tarkkoihin leikkauksiin pystyviä työntekijöitä ja samalla heidän osaamistasonsakin nousee yhdessä työskentelyn ansiosta.

Kokoonpanoa vaatimattomien isojen tuotteiden viimeistely päätettiin sijoittaa jäähdytyspaikalle. Sieltä ne siirretään suoraan vanhalle hallille varastointiin. Tämä periaate on eräänlainen muunnos paikkalayoutista. Isot tuotteet pyritään siis saattamaan mahdollisimman vähin siirroin valmiiksi asti. Tuotteen 3 kokoonpano säilytetään paikallaan ja sinne luodaan tuotantolinjaperiaatteella toimiva työtila, jossa tuotteet kulkevat kokoonpanoprosessin läpi työpöytiä pitkin ja lopuksi ne pakataan ja varastoidaan.

Tuotantolinja syö tasaisesti liikutettaviin hyllyihin muodostunutta puskuria ja näin valmistus ja kappaleenkäsittely voivat toimia tehokkaasti, samalla käytettävissä oleva työkapasiteetti tulee tehokkaammin hyödynnettyä, kun ei synny turhia odotustilanteita. Tuotteella on asiakkaan määrittämät kuukausitavoitteet, joten tuotannon kapasiteetti pitää määrittää tavoitteiden mukaiseksi, esimerkiksi 20 tuotetta per viikko. Työpiste pystyy tuotantolinjamaisen toimintaperiaatteen avulla erikoistumaan juuri tähän tuotteeseen, yrityksellä on kuitenkin tuotannossaan muitakin samaan tuoteperheeseen kuuluvia tuotteita, joten äkillinen tuotteen 3 valmistuksen loppuminen ei vielä tee tuotantolinjaa turhaksi.

Suurimmat muutokset ja pohdinnat layoutvaihtoehdoissa kohdistuivat jälkityön oikealle puolelle varattuun tuotantotilaan. Tämä tila koki lähes täydellisen muutoksen verrattuna karkeaan layoutiin, sillä tarkoituksena oli hakea siihen toimiva tuotantopaikkojen järjestys, jolla voidaan tuottaa mahdollisimman montaa erilaista tuotetta joustavasti ja siten, että tila on käytetty mahdollisimman tarkasti hyödyksi. Tilan materiaalivirrat oli saatava toimiviksi ja sinne piti varata riittävät määrät tilaa tuotteiden puskurivarastoille, jotka tasaavat kokoonpanon kuormitusta. Samalla puskurivarastoihin saadaan rotaatiovalukoneen toimiessa useassa vuorossa työnnettyä tavaraa, jottei se kerry tulpaksi jäähdytysalueelle.

Vaihtoehtojen eroavaisuudet liittyvät pitkälti tuotantopaikkojen optimaalisen järjestyksen etsimiseen, sekä materiaalivirtojen helpottamiseen ja kuljetusmatkojen lyhentämiseen kuljetinlinjastoilla. Pyrkimyksenä oli luoda tuotantopaikoille U-kirjaimen muotoisesti toimiva tuotteiden kulku, joka on lainattu solulayoutin periaatteelta. Tällä tavalla kokoonpanon läpi virtaavat tuotteet siirtyvät sujuvasti seinän vierestä keskikäytävän viereen, josta ne on helppo siirtää varastoon toiseen ker-

rokseen, tai vanhan hallin pihalle. Samalla pyrittiin siihen, että jokainen kokoonpanopaikka olisi solulayout-periaatteen mukaisesti mahdollisimman itsenäiseen työhön kykenevä yksikkö, jolloin niiden tehokkuus kasvaa ja tuotteiden läpivirtausajat pienenevät. Kommunikointia solujen kesken ei tietenkään saa unohtaa sillä, esimerkiksi yhteinen osavalmisteiden kuljetinlinja vaatii sopivaa käytön rytmitystä. Soluperiaatteen käyttö kokoonpanosoluissa takaa työpisteille myös joustavuutta ja sopeutumiskykyä tilanteissa, joissa kokoonpantava tuote muuttuu.

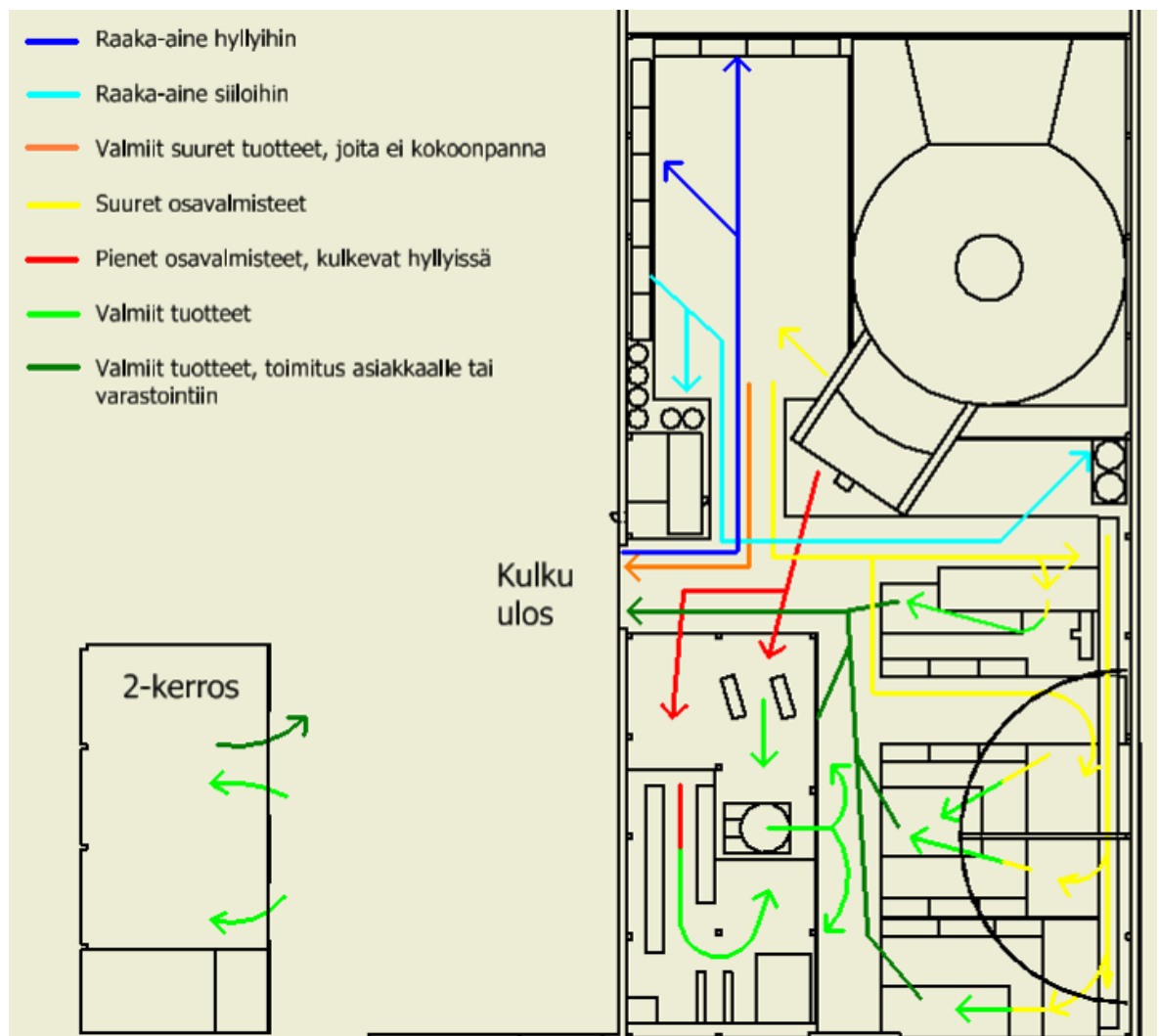
Pyrkimyksenä layoutsuunnittelussa oli, että tuotteita 1 ja 3 pystytään tuottamaan vähintään samalla kapasiteetilla kuin niitä tuotettiin vanhassa hallissa. Tiedonhankintaprosessin aikana kävi selväksi, että jo pienillä muutoksilla päästään parempiin tuotteiden läpimenoaikoihin kuin ahtaassa vanhassa tilassa.

Tuotteen 3 tuotannonkapasiteettia saadaan nostettua ja läpimenoaikoja pienennettyä selkeyttämällä työnkulua sekä toimivilla tuotantolinjastoilla, tämä vähentää sekoilua ja parantaa tuotannon tehokkuutta. Tuotteelle on myös suunnitteilla jigipöytä, jossa voidaan työstää tuotteen tarvitsemat leikkaukset, poraukset sekä suurin osa kokoonpanoista, myös tällä on merkittävä rooli kapasiteetin parantumisessa verrattuna vanhassa hallissa tuotettuun aikaan. Pöytä istutetaan tuotantolinjaan, kun se on saatu valmiiksi ja sen toimivuus on testattu käytännössä.

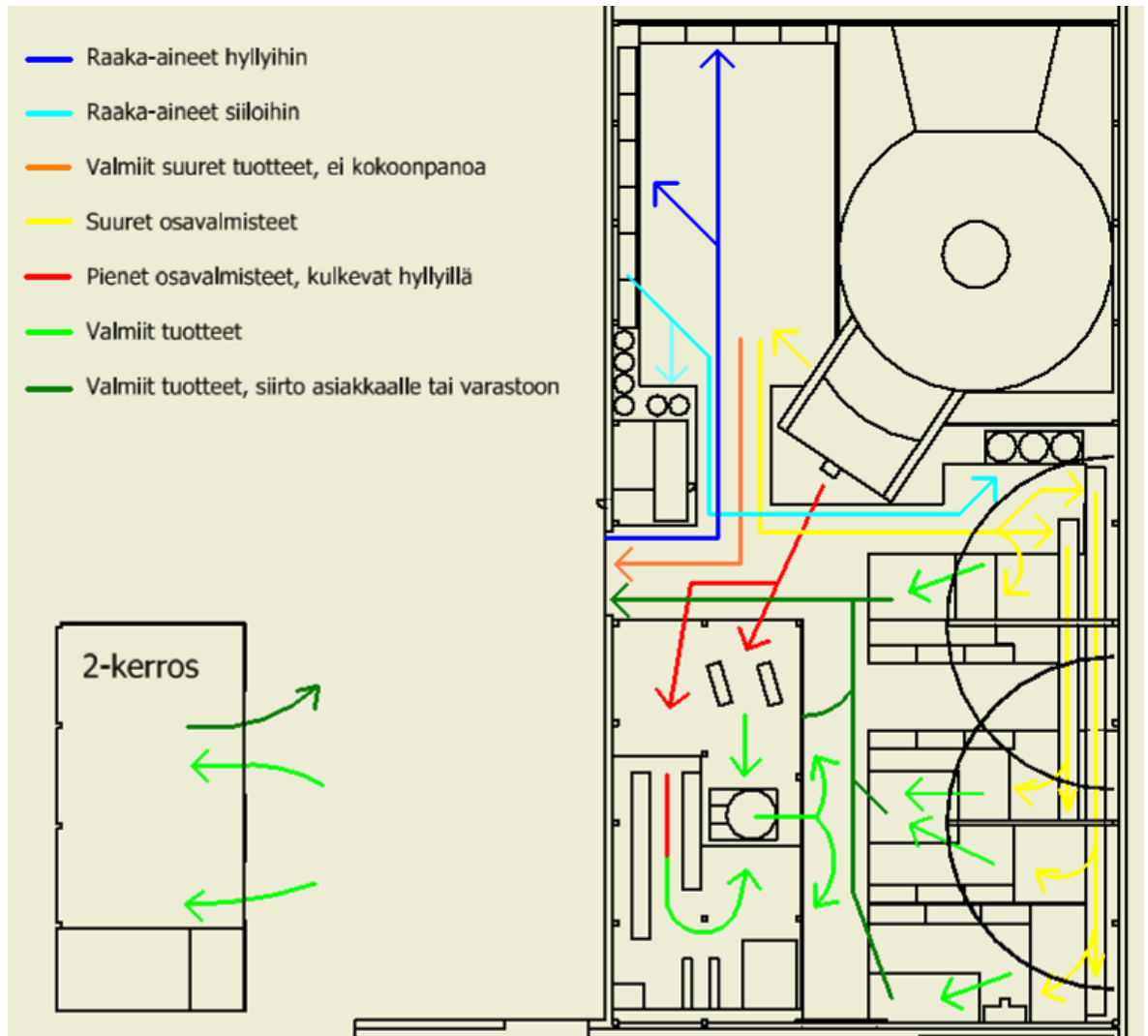
Tuotteen 1 kokoonpanoon saadaan nopeutta ja kapasiteettia lisäämällä samanaikaisesti kokoonpantavien tuotteiden määrää yhdestä kahteen, tarvittaessa määrää voidaan jatkossa kasvattaa vielä entisestään. Suunnitelman mukaan, tuotteen komponentit, osavalmisteet ja kokoonpanopaikka olisivat mahdollisimman lähekkäin, eikä kuten vanhassa hallissa, jossa osavalmisteita pitää metsästä pihalta ja komponentteja on siellä täällä. Sopivilla osavalmisteiden puskurivarastoilla toiminnan kapasiteetti saadaan paremmin hyödynnettyä, kun ei synny turhia odotuksia ja työpisteen käyttöasteet saadaan korkeiksi.

#### 4.3.2 Layoutvaihtoehtojen materiaalivirtojen tarkastelu

Vaihtoehtoisia layouteja suunniteltaessa kiinnitettiin voimakkaasti huomiota materiaalivirtojen kulkuun, tuotteiden siirtyessä valuprosessista kokoonpantaviksi ja varastoitaviksi. Materiaalivirtojen kulut eri layoutvaihtoehdoissa, ovat nähtävissä kuvioissa 10 ja 11 sekä liitteissä 3 ja 4. Suunnittelussa pyrittiin välttämään tilanteita, joissa samanaikaiset materiaalivirrat kohtaavat toisensa ja aiheuttavat mahdollisesti pullokaulatilanteita. Kaikkia tällaisia materiaalivirran risteyskohtia ei ollut mahdollista välttää, mutta ne pyrittiin minimoimaan muun muassa käyttämällä kuljetinlinjastoja, lisäksi käytävien määrään ja leveyteen sekä niiden sijoitukseen kiinnitettiin huomiota.



KUVIO 10. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 1.



KUVIO 11. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 2.

Layoutvaihtoehdossa 1, osavalmisteet tuotteisiin 5 ja 6, kulkevat kuljetinlinjaa pitkin. Tuotteiden 1 ja 4 osavalmisteet siirrettäisiin kokoonpanoon trukilla. Kuljetinlinjan täyttämiseen tarkoitettu käytävä tuottaa tuotteen 1, kokoonpanopaikalle ahtausta, joka ei ollut sovelias. Vaihtoehdossa 2, muut tuotteet kulkevat kuljetinlinjaa pitkin kokoonpanopaikoille. Ainoastaan tuote 4 kuljetetaan trukilla suoraan kokoonpanoon. Tällä tavalla saadaan karsittua yksi risteyskohta materiaalivirrasta, verrattuna ensimmäiseen vaihtoehtoon. Negatiivisena puolena vaihtoehdossa 2, tuote 1 kulkisi kuljettimella tuotantotilan päätyyn asti, jolloin valmiiden tuotteiden sijoituspaikan ja lastauspaikan välimatka kasvaisi huomattavasti. Kun kyseessä on suurvolyyminen tuote, lisää se huomattavasti trukin käyttöä ja sillä kuljettuja matkoja lastaustilanteissa. Vaihtoehdossa 1 tuote olisi suoraan lastattavissa kuljetusta var-



ten, jotta se voidaan siirtää toiselle hallille pihavarastointiin. Tuotteille 4, 5 ja 6 piti varata myös tällainen kuljetusmahdollisuus.

#### **4.3.3 Layoutien taloudellinen tarkastelu ja layoutien joustavuus**

Layoutien yhtenä suunnittelun ohjenuorana piti pitää layoutin perustettavuuden taloudellisuutta. Opinnäytetyötä tehtäessä, ei lähdetty tekemään tarkkoja kustannuslaskelmia. Toki joitakin esimerkiksi kuormalavahyllyistä ja kuljetinradasta koituvia kustannuksia selvitettiin, jotta yritysten toimihenkilöiden ei tarvitse aloittaa hankintojen suunnittelua aivan tyhjältä pöydältä. Opinnäytetyön ei ollut tarkoitus olla kustannuslaskenta vaan, siinä pyrittiin luomaan ratkaisuvaihtoehtoja. Tästä syystä taloudellisuuteen päätettiin ottaa kantaa seuraavalla tavalla; Kun verrataan layout-vaihtoehtoja keskenään, voidaan huomata, että versio 1 on halvempi perustaa. Syystä, että kuljetinlinjoja on vain yksi. Pitää kuitenkin muistaa, että myös ylimääräisestä tuotteiden siirtelystä koituu kustannuksia. Niistä eroon pääseminen voi maksaa toisen kuljetuslinjan takaisin kun tuotanto jatkuu pidempään. Tästä syystä perustuskustannusten vertailua on syytä tehdä, kun yrityksessä mietitään lopullista toteutettavaa versiota.

Toisena ohjenuorana suunnittelussa pidettiin layoutien joustavuutta. Pyrittiin siis luomaan työpisteitä, joiden tuotteistoa tai paikkaa on tulevaisuudessa kohtalaisen nopeaa ja helppoa vaihtaa. Soluperiaatteella luotujen isompien tuotteiden 1,4,5 ja 6 kokoonpanopaikkojen sijoittumista keskenään on tulevaisuudessa melko helppoa muuttaa, sillä esimerkiksi käytävät ja kuormalavahyllyjen sijoituspaikat on molempiin ehdotelmiin suunniteltu samanlaisiksi. Kaikki työtasot taas on suunniteltu siirrettäviksi. Tämä lisää joustavuutta silloinkin, kun työpisteen täytyy alkaa tuottamaan uudenlaista tuotetta. Tuotteen 3 tuotantolinjaperiaatteella toimiva kokoonpanopaikka ei toimi aivan yhtä joustavasti kuin muut, isommille tuotteille tarkoitetut työpisteet, mutta siinäkin voidaan valmistaa kohtuullisen joustavasti käsin liikuteltavissa olevia, erilaisia tuotteita.

#### **4.4 Valittu layout**

Yrityksen johdon ja opinnäytetyöntekijän välisessä palaverissa käytyjen keskustelujen, sekä opinnäytetyöntekijän henkilökohtaisen näkemysten perusteella, layouteista sivun 42 vaihtoehto 1, valittiin pidemmälle kehitettäväksi. Valintakriteereinä painoivat taloudellisempi perustettavuus ja tuotteelle 1, lyhyemmiksi muodostuvat materiaalivirrat.

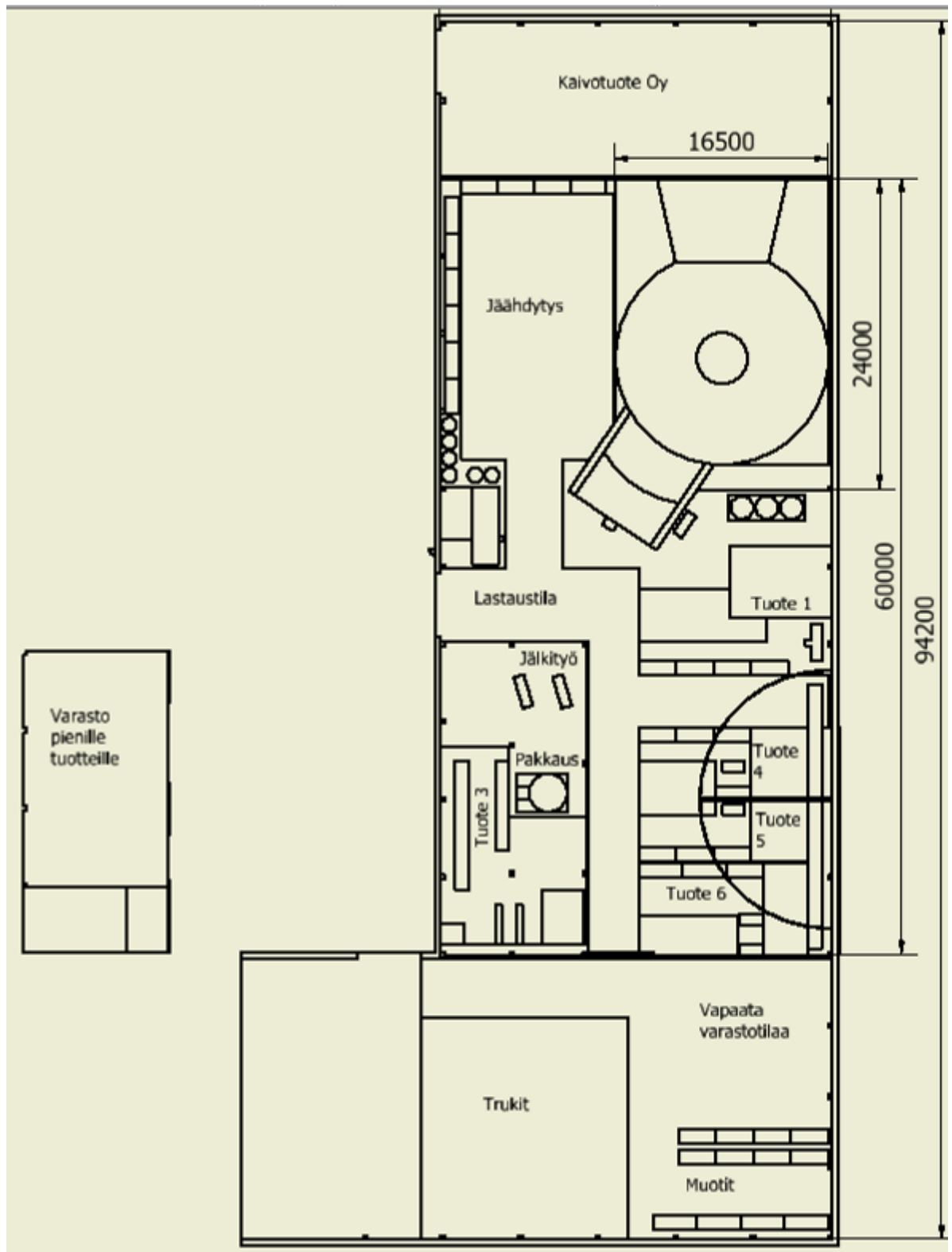
Toinenkaan vaihtoehto ei ollut huono, eikä sen lopullista toteuttamista suljettu kokonaan pois. Koettiin, että kokoonpanotiloihin sijoitettujen käytävien ja hyllyjen samankaltaisella sijoittelulla saatiin joustavuutta, jonka avulla sivulla 43 esitellyn vaihtoehdon 2, myöhempi toteutus on vielä mahdollista, vaikka aluksi tilat kalustettaisiin pienemmin satsauksin.

##### **4.4.1 Layoutin viimeistely**

Layoutin viimeistelyssä kiinnitettiin huomiota lähinnä tuotteen 1, tuotannon sujuvuuteen, sekä miten materiaalivirrat saataisiin toimimaan lyhyemmällä kuljetinradalla ilman haittaavia risteyskohtia. Lisäksi mietittiin muottivaraston hyllyjen sijoittelua vielä uudelleen, jotta samaan päätyyn ylimääräiseksi varattu varastointitila saataisiin toimivammaksi. Sitä tullaan sen kaukaisesta sijoituspaikasta huolimatta käyttämään esimerkiksi suunniteltua suurempien raaka-aineen toimituserien sijoituspaikaksi, sekä tarvittaessa valmiiden tuotteiden varastointiin tai osavalmisteiden hätäsijoituspaikaksi, mikäli rotaatiovalukoneella hetkellisesti ajetaan esimerkiksi kolmessa vuorossa.

Viimeistelty layout on nähtävissä kuviossa 12, sivulla 51. Tehdyillä muutoksilla kuljetinradan investointikustannuksia saatiin hieman pudotettua. Tilan lisäämiseksi suuremmat raaka-ainesilot käännettiin poikittain, rotaatiovalukoneen turvaseinää vasten. Tehdyillä ratkaisuilla saatiin enemmän tilaa tuotteen 1 osavalmisteille ja valmiille tuotteille. Näin tuotteen työstöön tarkoitettu tila muuttuu selkeämmäksi ja se yhdistettynä useamman tuotteen yhtäaikaiseen työstöön, kasvattaa tuotteen tuotannonkapasiteettia huomattavasti. Lisäksi koettiin tarpeelliseksi lisätä rotaa-

tiovalukoneen työtason oikealle puolelle pöytä, sellaisien pienien tuotteiden jäähdytystä varten, jotka tarvitsevat sisälleen jäähtymisen ajaksi paineilmaa.



KUVIO 12. Kehitetty layoutvaihtoehto.

#### 4.4.2 Materiaalivirrat

Opinnäytetyön viimeisenä tehtävänä oli tutkia ja selvittää, millaisiksi valitussa layoutissa tuotteiden materiaalivirrat ja kuljetusmatkat muodostuvat. Layoutiin suunnitellut materiaalivirrat ovat nähtävissä liitteessä 5. Yrityksen tuotannolla on käytettävissä ainoastaan yksi tavaran ulos- ja sisääntuloreitti. Tästä syystä materiaaleille syntyy edestakaisin kuljetusta. Se pyrittiin kuitenkin suunnittelun avulla minimoimaan.

Suunnittelussa päästiin lopputulokseen, jossa tuotteiden 5 ja 6 osavalmisteiden materiaalivirrat kulkevat kuljetinlinjaa pitkin. Tuotteiden 1 ja 4 osavalmistekuljetukset hoidetaan trukeilla tai pumppukärryillä. Kaikille valmiille tuotteille on varattu omat sijoituspaikkansa, josta ne saadaan lastattua kohtalaisen sujuvasti toiselle hallille kuljetusta varten, jossa niiden lopullinen varastointipaikka sijaitsee. Tuote 3 ja pienet jälkityötä tarvitsevat osavalmisteet kuljetetaan siirrettävillä hyllyillä jälkityö- ja kokoonpanopaikoille. Valmiit tuotteet pakataan ja nostetaan toiseen kerrokseen varastointiin, josta ne asiakastilausten perusteella toimitetaan eteenpäin. Todettiin, ettei jälkityöhön kulkevan tavaran ja valmiiden suurempien tuotteiden lastaukseen siirron aiheuttama risteyskohta muodostu kriittiseksi. Valmiin tavaran virta hallista ulos ei ole päivittäistä ja jatkuvaa virtaa, vaan siirtelyä harjoitetaan harvemmin ja kerralla siirretään suurempia määriä. Myöskään pienempien valmiiden tuotteiden asiakkaille toimitusta ei tapahdu hallista päivittäin. Näidenkään kulku hallista ulos ei tule aiheuttamaan muille materiaalivirroille suuria ongelmia.

#### 4.4.3 Yleiset asiat, joita ei ole piirretty layoutiin

Layout-piirrookseen ei ole huomioitu työpisteille vedettäviä sähkö- ja paineilmalinjoja. Ne on kuitenkin huomioitu suunnittelussa tiedottamalla niistä yritystä. Jälkityön ja tuotteen 3 työpisteille sähköt ja paineilmat suunniteltiin kulkemaan katon kautta ja ne pudotettiin liittymillä työpisteille sopiviin kohtiin. Sama periaate ei toimi muissa kokoonpanotiloissa eikä jäähdytystilassa, sillä siellä katon rajassa kulkevan hallinosturin pitää kyetä liikkumaan esteettä. Näissä paikoissa sähköt ja ilmat vedetään mahdollisuuksien mukaan viemäröntien kautta tai hoidetaan esimerkiksi

palautuvilla keloilla, jotka sijoitetaan sopiviin paikkoihin seinille. Syntyvälle pahvijätteelle täytyy hankkia paalain, joka sijoittuu jälkityöpaikan yhteyteen. Muu roska kerätään yleisiin roska-astioihin, joita sijoitetaan tarvittava määrä työpisteiden läheisyyteen.

Layoutsuunnittelua tehdessä löytyi muutamia ideoita työolosuhteiden ja työturvallisuuden parantamiseksi ennen tuotannon aloittamista. Jälkityöpisteen uloskäynninpuoleinen reuna rajataan kahdella verholla, jotka saadaan vedettyä sivuun kun reunan puolelta halutaan syöttää työpisteeseen tavaraa. Toinen verho saataisiin tarvittaessa työnnettyä seinän viereen ja toinen verho keskitolpan vierelle. Verhon liikuteltavuus taattaisiin katonrajassa olevalla kiskolla ja verhon alareuna olisi painotettu, jottei se heiluisi ilmapirran osuessa siihen. Tällä tavalla jälkityö- ja tuotteen 3 kokoonpanopisteen työmukavuutta saataisiin parannettua varsinkin talviaikoina, koska uloskäynti on auki kuormien lastaamisen aikana, joskus pitkiäkin aikoja.

Rotaatiovalukoneen käyttäjien taukotila määritetään viereiseen sosiaalitilaan. Tilaa pitää pienentää noin 2,5 metriä, mutta silti siihen jää sopivan kokoinen kahvihuone 2-3 rotaatiovalukoneen käyttäjälle per vuoro. Tällöin koneella työskentelevillä on jatkuvasti mahdollisuus tarkkailla koneen toimintaa, jotta häiriön sattuessa kone voidaan sammuttaa, ettei pääse syntymään suurempia vaurioita. Muille työntekijöille taukotila järjestyisi toiseen kerrokseen, jossa on valmiina sopivan kokoinen toimistotila. Työturvallisuutta saadaan lisättyä, asentamalla raaka-ainehyllyihin takarajoittimia, jotta painavat lavat saadaan asettumaan hyllyihin turvallisesti.

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

### 5.1 Viimeistellyn layoutehdotuksen vahvuudet

Layoutsuunnittelun yhtenä tavoitteena oli säilyttää tuotteiden 1 ja 3 valmistuskapasiteetti vähintään samana kuin niitä vanhassa hallissa tuotettaessa. Tehdyillä layoutratkaisuilla tähän tavoitteeseen on mahdollista päästä. Tuotteen 1 kokoonpanossa aletaan jatkossa valmistaa useampaa tuotetta yhtä aikaa, yhden sijasta. Muutenkin suurempien tuotteiden kokoonpanoon saadaan toimivuutta solulayoutin periaatteelta lainatulla U-muotoisella tuotteiden kululla. Valmiit tuotteet sijoitetaan keskikäytävän viereen odottamaan jatkotoimia. Tuotteen 3 tuotanto toteutetaan selkeällä tuotantolinjamallilla, jolloin turhat tuotteen liikuttelut ja työkalujen etsimiset saadaan pois häiritsemästä tuotantoa. Tuotteen läpivirtausaikaa lyhentää myös kokoonpanoa helpottamaan suunnitteilla oleva jigipöytä, jota ei kuitenkaan ole vielä voitu huomioida tähän layoutiin. Layoutin etuna ovat myös selkeät materiaalivirrat, joihin on varattu tilaa osavalmisteille ja valmiille tuotteille.

Layoutissa otettiin huomioon, että rotaatiovalun pitää kyetä toimimaan tehokkaasti. Sille varattiin riittävät tilat raaka-aineen säilytykseen ja jäähdytykselle. Valmiit tuotteet saadaan pois uusien edestä liikuteltavilla hyllyillä, joilla pienet tuotteet siirretään jälkityöhön. Suurien tuotteiden siirtämistä helpottaa sosiaalitalan pienennys. Sen ansiosta suuretkin säiliöt mahtuvat jäähdytystilasta ongelmitta jatkokäsittelyyn. Jälkityöpiste pystyy toimimaan tehokkaasti, kun osavalmisteet saadaan siirrettyä liikutettavilla hyllyillä lähelle työpistettä. Kun jälkityöllä ei ole kiinteitä hyllyjä, tavara ei jää niihin makaamaan, vaan siirtyy tehokkaasti kokoonpanopaikoille tai pakkauksen kautta varastointiin. Kaikki muotit varastoidaan yhteen paikkaan hallin pätyyn. Silloin niitä ei tarvitse etsiä useasta paikasta, kuten vanhassa hallissa on ollut ongelmana.

Yritys voi tarvittaessa hyödyntää kumpaa tahansa layoutia. Ensimmäisestä vaihtoehdosta jatkokehitetty versio on edullisempi perustaa, joten se kannattaa ottaa käyttöön ensin. Layoutvaihtoehtoihin suunniteltu joustavuus antaa mahdollisuuden vaihtaa toiseen vaihtoehtoon kohtalaisen helposti, mikäli muutokseen on myöhemmin tarvetta.

## **5.2 Viimeistellyn layoutehdotuksen heikkoudet**

Yrityksistä huolimatta suunnittelulla ei saatu aikaan ratkaisuja, joilla kaikki materiaalivirran risteyskohdat olisi saatu poistettua. Suunnittelun aikana huomioitiin kuitenkin, etteivät risteyskohdat ole kovin kriittisiä. Niissä ei liiku jatkuvasti toistensa kanssa risteäviä materiaalivirtoja. Materiaalivirtojen risteyskohdat johtuvat enimmäkseen käytössä olevasta yhdestä ovesta. Kun kaiken pitää kulkea sen kautta, syntyy samalla ajoittaisia ruuhkia. Täyttä varmuutta tuotteiden 4, 5 ja 6 kokoonpanopaikkojen toimivuudesta ei ole, sillä päätöstä niissä tuotettavista tuotteista ei vielä ole. Työpisteet pyrittiin kuitenkin suunnittelemaan siten, että ne palvelevat mahdollisimman monia erilaisia tuotteita.

Rotaatiovalukoneen työtason oikealle puolelle sijoitetut isot raaka-ainesiiilot aiheuttavat ylimääräisen työvaiheen ja kuljetusmatkan. Ne pitää täyttää rotaatiovalukoneen vasemmalla puolella olevista raaka-ainehyllyistä. Tältä ei voitu kuitenkaan välttyä, koska siilojen sijoitus rotaatiokoneen vasemmalle puolelle olisi estänyt hallinosturin käytön muotteja vaihdettaessa ja niitä purettaessa. Sen takia todettiin, että ylimääräinen kuljetusmatka on parempi kuin hallinosturin käytöstä luopuminen.

Heikkoudeksi voidaan nimetä myös valmiiden suurien tuotteiden kuljetustarve vanhalle hallille. Suurille tuotteille ei ollut varastotilaa uudella tontilla, joten ne pitää varastoida vanhan hallin pihalle. Tästä koituu kustannuksia ja aikaa kuluu turhaan työvaiheeseen. Valmiita tuotteita pitää pyrkiä mahdollisuuksien mukaan siirtämään suoraan asiakkaalle eikä varastoon.

### 5.3 Suositeltavat toimenpiteet ja suunnittelun aikana syntyneitä ideoita

Opinnäytetyöprosessin aikana syntyi paljon ideoita sekä mielteitä asioista, joita uudessa hallissa tuotantoa aloitettaessa kannattaa ottaa huomioon. Näitä ovat muun muassa:

- Rotaatiovalukoneen työtason leveys vaatii sosiaalitalan pienentämistä. Aikaisemmin pienennettävässä tilassa on sijainnut taukotila. Tilaa kannattaa jättää jäljelle sen verran, että rotaatiovalumiehet voivat pitää taukonsa lähellä valukonetta. Muille taukotilat järjestyvät toisen kerroksen toimistotilasta. Samalla kun työntekijät saavat toimivat taukotilat, saadaan myös tilaa jäähdytyspaikalta siirrettäville suurille tuotteille. Näin niiden koko ei aiheuta ongelmia siirtojen yhteydessä.
- Työkalujen hankintaan ja säilytykseen kannattaa satsata. Mitä vähemmän niitä tarvitsee lainailla työpisteiden välillä, sitä helpommin ne pysyvät tallessa. Hukkaamista voidaan vähentää myös toimivilla työkaluhyllyillä ja kaa-peilla. Kaikkien eduksi on, että kenenkään ei tarvitse etsiä työvälineitään uuden työvaiheen alkaessa.
- Hankkimalla liikutettavia hyllyjä rotaatiovalun ja jälkityön välille saadaan tuotteiden kulku sujuvaksi. Samalla vältetään myös tuotteiden laskeminen lattialle, joka helposti aiheuttaa niihin kulumisjälkiä ja muita tuotteiden arvoa laskevia vaurioita. Kun hyllyt ovat riittävän tukevia eivätkä hyllytasot vääntyile, pienet osavalmisteet voidaan nostaa niihin jäähtymään. Sopivalla määrällä hyllyjä saadaan työvaiheitakin vähemmäksi, koska tuotteita ei tarvitse liikutella yksitellen. Ne ovat rotaatiosta lähtiessä hyllyssä, suoraan odottamassa viimeistelyä.
- Pakkauspaikalla sijaitsevalle kuormalavojen käärintäkoneelle kannattaa asentaa kaksi ramppia, joita pitkin lavat saadaan työnnettyä eri suunnista käärimäkoneeseen. Tämä vähentää lavojen siirtelyä pumppukärryillä ja nopeuttaa pakkausprosessia.



- Valmiiden pienien tuotteiden varastointi hoidetaan toisessa kerroksessa. Sinne olisi luotava toimiva tuotteiden lajittelutapa, jotteivät eri tuotteet olisi varastossa aivan sekaisin. Tämä voidaan hoitaa esimerkiksi kevyillä rulla-radoilla, joista kuormalavat saadaan purettua omiin rivistöihinsä. Suuret valmiit tuotteet tulee siirtää vanhan hallin pihalle varastointia varten. Tätä varten on hankittava sopiva kärry kuljetusta varten. Varastojen, lastausten ja kuljetusten hoitamiselle olisi viisainta varata kokonaan niihin erikoistunut työntekijä.
- Kierrätysmuovia varten on varattava oma kärrynsä, jolla muovijäte saadaan siirrettyä vanhan hallin pihalle varastoon. Tulevaisuudessa tästä tilaa vievästä säilytyksestä päästään eroon, jos yritys hankkii itselleen murskaimen. Tällöin muovijäte saadaan sopimaan paljon pienempään tilaan.
- Pumppukärryjä pitää olla riittävästi, mielellään ainakin yksi jokaista kokoonpano- tai muuta työpistettä kohden. Myös yläkerran varastotila tarvitsee oman pumppukärrynsä. Vaikka käytössä ovat kiinteistön yhteiset trukit, yrityksen kannattaa varata ainakin 2 trukkia omaan käyttöönsä niiden saatavuuden varmistamiseksi. Toinen trukki voidaan korvata myös tehokkaalla pinoamistrukilla, joka on tavallista ketterämpi.
- Työmukavuus on yleisesti asia, johon kannattaa kiinnittää myös huomiota. Kun tilat ovat kunnossa ja turvalliset, myös tuotannon tehokkaalla toiminnalla on silloin hyvä pohja. Työmukavuutta voidaan parantaa muun muassa rajaamalla jälkityön uloskäynnin puoleinen pääty avattavilla verhoilla, joita ei tarvitsisi sulkea kuin kylmänä aikana. Huomiota kannattaa kiinnittää myös siihen, että ylimääräiset johdot ja ilmaletkut saadaan pois lattioilta. Valmistuotevaraston alla ne voidaan vetää kulkemaan kattoja pitkin ja pudotetaan sieltä alas sopivissa kohdissa. Muualla ne voidaan vetää kulkemaan viemärintejiä pitkin. Sopiviin paikkoihin voidaan asentaa myös itsestään palautuvia keloja, jolloin ei ole ongelmaa ylimääräisistä johdoista ja letkuista.

## 6 YHTEENVETO

Suunnitteluprosessin tavoitteena oli suunnitella Plastweld Oy:lle layoutvaihtoehtoja helpottamaan heidän uuden tuotantotilansa käyttöönottoa. Plastweld Oy on vuonna 1998 perustettu rotaatiovalua ja siihen liittyvää sopimusvalmistusta harjoittava yritys, jonka tuotantotilat sijaitsevat Vähänkyrön Tervajoella. Yrityksellä on voimakas tarve laajentua ja syksyllä 2010 tapahtuva uuden tuotantolinjan käynnistys tuplaa tuotannon.

Layoutvaihtoehtojen suunnittelu toteutettiin 2-vaiheisena, ensimmäinen vaihe toteutettiin kevään 2010 aikana ja toinen kesän ja syksyn 2010 kuluessa. Ensimmäisen vaiheen tärkeimpiä tehtäviä olivat tuotantotilan pohjapiirustuksen piirtäminen sähköiseen muotoon, tiedonkeruuprosessi layoutsuunnittelua varten sekä karkean layoutin luonnostelu. Pohjapiirustuksen piirtämisen avuksi saatiin yritykseltä tuotantotiloissa joskus aiemmin toiminut layout, jonka tulkinta vaati kuitenkin paljon tarkistusmittauksia. Tiedonkeruuprosessi toteutettiin hyödyntämällä työharjoittelun aikana opinnäytetyön tekijälle kertyneitä pohjatietoja sekä keräämällä tietoja yrityksen toimihenkilöiden ja opinnäytetyön tekijän välisistä palaverista sekä haastatteleamalla yrityksen tuotannossa työskenteleviä. Karkean layoutin tärkeimpiä tavoitteita oli määrittää rotaatiovalukoneelle tarkka sijoituspaikka sekä suunnitella tuotannon ja varastojen sijoittelua tulevia layoutvaihtoehtoja varten.

Toisessa vaiheessa suunniteltiin yrityksen käyttöön kaksi toisistaan kokoonpanotiloissa eriävää layoutvaihtoehtoa. Tavoitteena oli toimiva ja joustava layout, jossa materiaalivirrat toimivat vähin mutkin. Silloin välimatkat pysyvät siedettävänä ja tuotanto kykenee muutenkin toimimaan tehokkaasti. Selkeiden materiaalivirtojen avulla pyrittiin aikaansaamaan mahdollisimman hyvä tuotannon kapasiteetti, siten ettei synny turhia odotuksia ja seisahduksia. Kapasiteetin pitäisi pysyä tuotteissa 1 ja 3 ainakin samana kuin vanhassa hallissa ja mieluummin kasvaa. Tuotteiden nykyistä kapasiteettia ei tarvinnut lähteä tarkasti tutkimaan, sillä siihen negatiivisesti vaikuttavat seikat olivat pääosin tiedossa. Layoutin suunnittelussa piti tehdä ratkaisu-

ja, jotka varmistavat, etteivät ongelmat pääse siirtymään tuotannon mukana uusiin tiloihin. Suunnittelun aikana oli otettava huomioon myös taloudelliset seikat, miten tuotanto saataisiin polkaistua käyntiin pienillä investoinneilla.

Suunnittelun aikana tehtiin päätös, ettei layouteja suunnitella pelkästään yhden toimintaperiaatteen mukaisesti, vaan eri tuotantovaiheille hyödynnettiin niitä parhaiten tukevia toimintaideoita. Suunnittelussa päädyttiin johtopäätökseen, jossa muun muassa jälkityö, rotaatiovalu ja jäähdytys toimivat funktionaalisen layoutperiaatteen mukaan. Tuotteen 3 työstöön ja kokoonpanoon hyödynnetään tuotantolinjaperiaatteen toimintamallia. Suurempien kokoonpantavien tuotteiden tuotanto toteutetaan solulayoutilta lainatulla U:n muotoisella materiaalin kululla. Suurien tuotteiden, jotka eivät tarvitse kokoonpanoa, tuotannossa hyödynnettiin paikkalayoutilta lainattua ideaa liikuttelun minimoinnista.

Layoutvaihtoehtoista valittiin sivulla 42 esitelty vaihtoehto 1 jatkokehitystä varten. Huomiota kiinnitettiin varsinkin materiaalivirtojen kulkuun, jottei synny kriittisiä solukohtia. Samalla pyrittiin myös suunnittelemaan ratkaisuja, joilla tuotteiden 1 ja 3 valmistuskapasiteettia saadaan lisättyä vanhalla hallilla tuotettuun verrattuna. Lisäksi huomiota kiinnitettiin välimatkojen lyhentämiseen sekä puolivalmiste- ja valmiiden tuotteiden varastoihin sekä muottivaraston päädyn toimivuuteen. Lopullisessa layoutehdotuksessa mietittiin myös, miten työntekijöiden työolot saataisiin inhimillisiksi ympärivuoden. Samalla mietittiin asioita myös työturvallisuuden kannalta.

Yrityksen ja opinnäytetyöntekijän välisissä palavereissa todettiin, ettei toinenkaan layoutvaihtoehto ollut toteuttamiskelvoton eikä sen lopullista toteuttamista suljettu kokonaan pois. Todettiin, että senkin toteutus on mahdollista, vaikka aluksi tilat kalustettaisiin jatkokehitettyyn versioon suunnitelluin pienemmin satsauksin. Lopullinen päätös käytettävästä layoutista jätettiin tehtäväksi yrityksen sisällä.

## 7 OMAT POHDINNAT

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella layoutehdotelmia, joita Plastweld Oy voi käyttää apuna uuden tuotannon perustuksessa uusiin tiloihin. Tuloksien arviointi on vielä tässä vaiheessa hankalaa, koska lopulliset arvostelut tehdyistä ratkaisuis- ta voidaan antaa vasta tuotannon toimittua tiloissa jonkun aikaa. Tällöin nähdään käytännössä kuinka kaikki toimii. Voidaan kuitenkin todeta, että suunnittelutyöt täyttivät sille aluksi määritetyt tavoitteet. Ainakin kaikki tuotannon tarvitsema pyrittiin suunnittelun aikana huomioimaan ja mahdollisiin ongelmiin pyrittiin puuttumaan jo ennakolta. On kuitenkin varmasti asioita, joita opinnäytetyössä ei havaittu huomioida, eikä opinnäytetyön tekijä voinut olla jokaiseen tehtyyn ratkaisuun tyytyväinen. Kaiken toteuttaminen ei vain ollut mahdollista, koska opinnäytetyön aihe oli laaja ja sen valmiiksi saattamiseen vaadittiin optimointia.

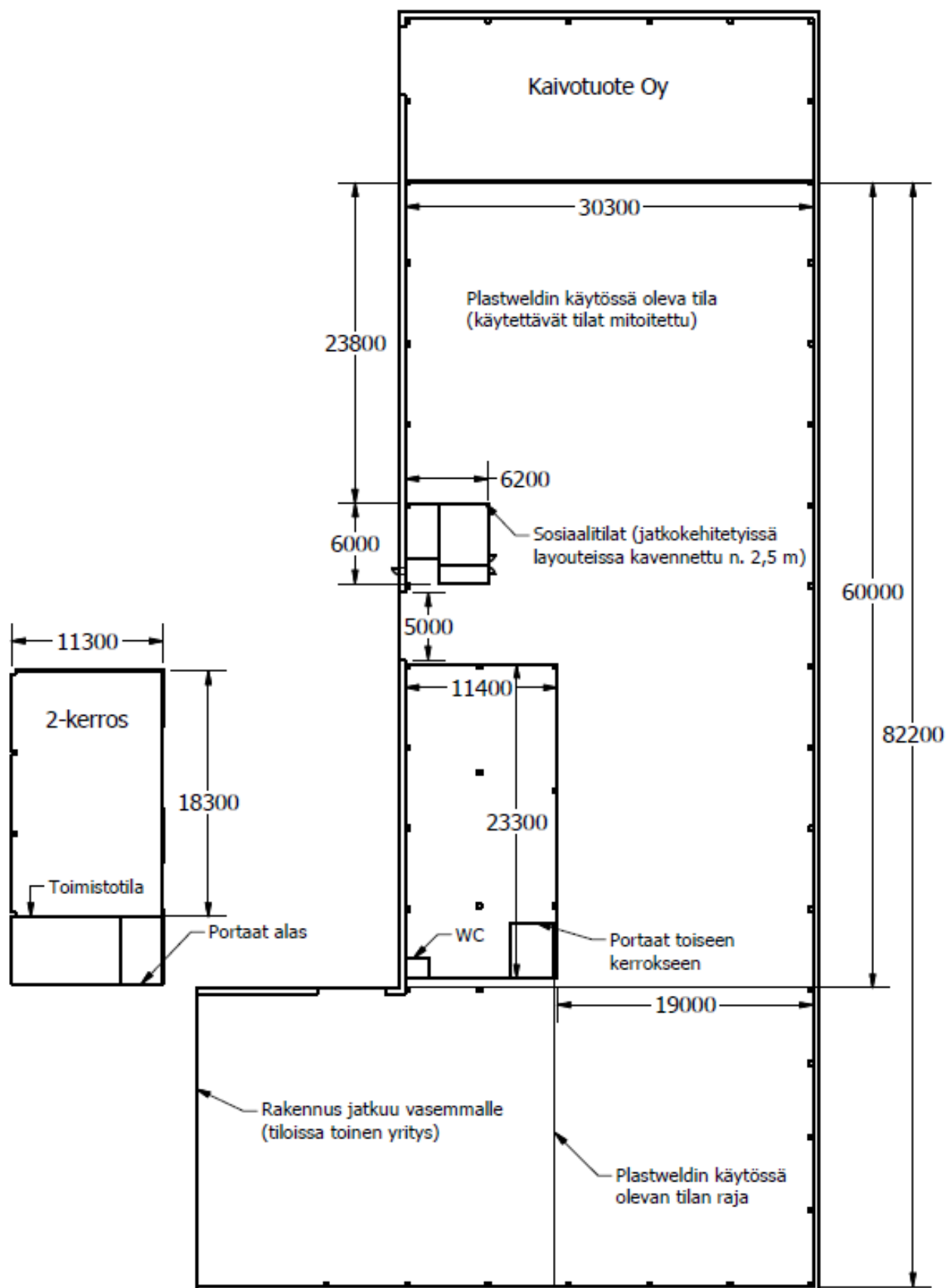
Yritykseltä saatiin kiitettävästi tukea suunnitteluprosessin aikana. Kun tuli hetki, että tarvittiin apua tai neuvoja, niitä myös oli saatavilla. Opinnäytetyön liialle laajenemiselle ei ollut myöskään vaaraa, sillä opinnäytetyön tekijä pystyi pitämään työn kulun omissa käsissään, eikä miltään suunnalta painostettu tekemään ratkaisuja lisää ja enemmän. Kaikkiaan työ eteni jouhevasti, eikä työskentelyä tarvinnut keskeyttää ongelmien tai vaikeuksien ilmetessä.

Opinnäytetyön teko oli opettavaista aikaa. Työssä opittiin paljon asioita layouttien suunnittelun perusteista, niiden toteuttamisesta ja projektinomaisesta toiminnasta. Lisäksi opinnäytetyön tekijä pääsi toimimaan ammattimaisesti suunnitellessaan tarvittavia ratkaisuja. Vastauksia ei ollut heti tarjolla, vaan ne piti itse keksiä ja kehittää. Näistä saaduista tiedoista ja taidoista on varmasti apua tulevissa työtehtävissä, ne loivat kypsyyden ja valmiuden työelämään astumiselle.

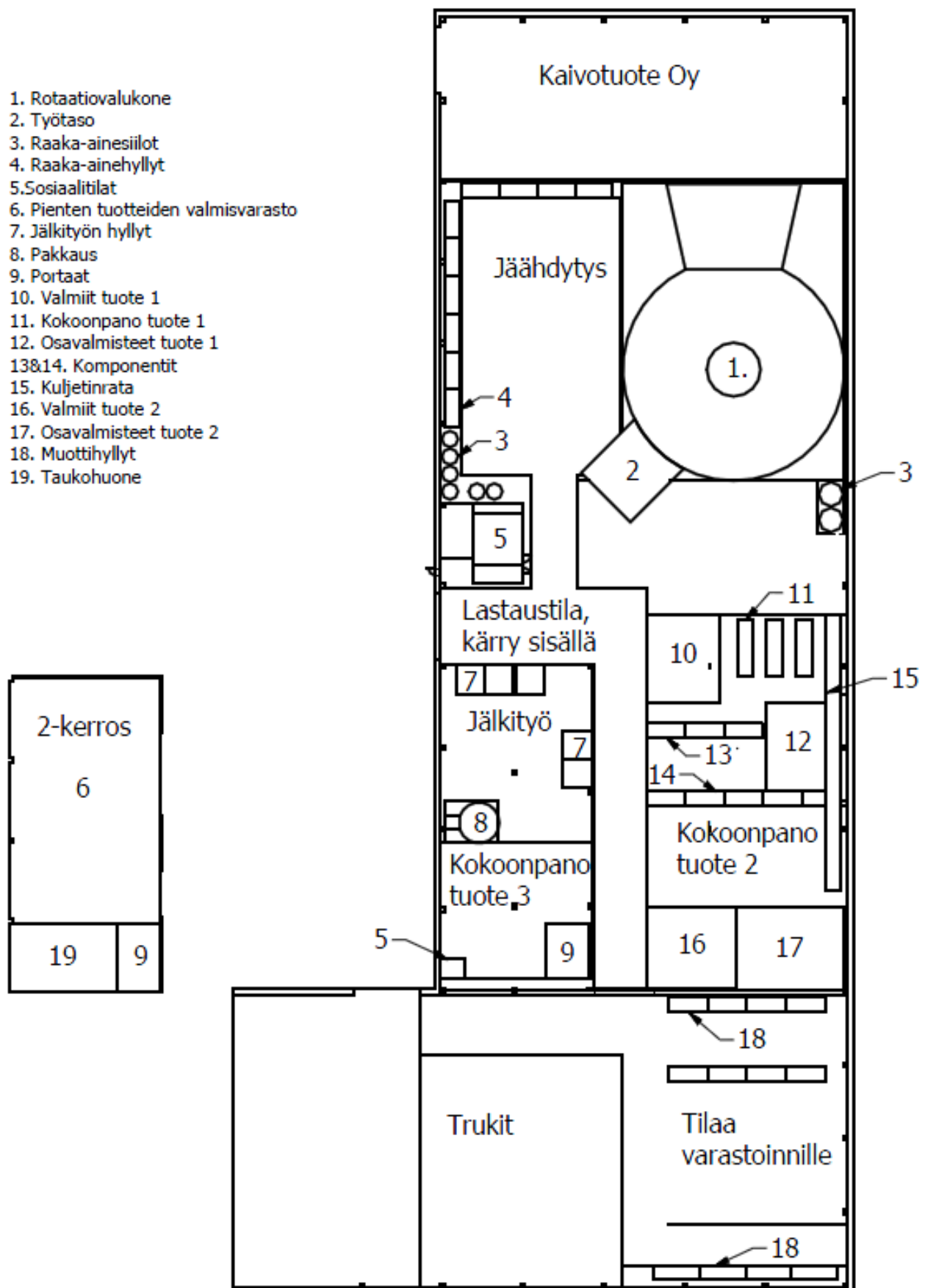
## LÄHTEET

- Harmon, R.L. & Peterson, L.D. 1990. Reinventing the Factory - Productivity Breakthroughs in Manufacturing Today. New York: The Free Press, A Division of Macmillan, Inc.
- Haverila, M., Uusi-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. 2005. Teollisuustalous. 5. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Karjalainen, L. & Ramsland, T. 1992. Pakkaus: Pakkausalan perusoppikirja. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Lapinleimu, I. 2000. Ideaalitehdas: Tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. 2. painos. Tampere: TTKK-Paino.
- Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät. 1. painos. Porvoo: WSOY.
- Miettinen, P. 1993. Tuotannonohjaus ja logistiikka. Helsinki: Painatuskeskus Oy.
- Slack, N., Chambers, S. & Johnston, R. 2004. Operations Management. 4. painos. England: Prentice Hall.
- Tuotantotilojen layoutsuunnittelu. Ei päiväystä. [Verkojulkaisu]. [Viitattu 6.9.2010]. Saatavissa: <http://www.kookas.fi/articles/read/1631>
- Uusi-Rauva, E., Haverila, M., Kouri, I. & Miettinen, A. 2003. Teollisuustalous. 4. painos. Tampere: Tammer-Paino Oy.
- Vehmanen, P. & Koskinen, K. 1998. Tehokas kustannushallinta. 2. painos. Porvoo: WSOY.
- Vonderembse, M.A. & White, G.P. 1996. Operations Management. 3.painos. USA: West Publishing Company.

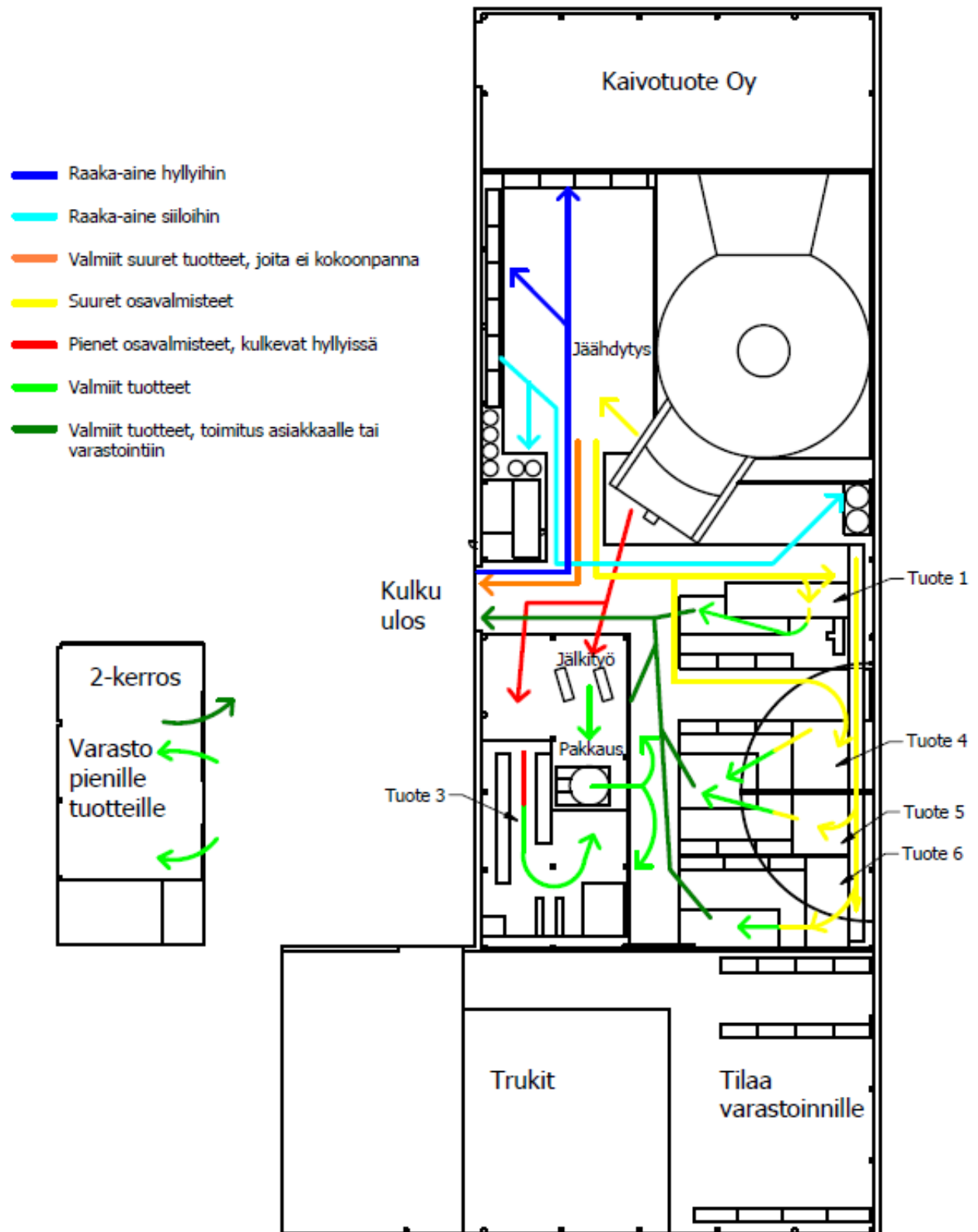
Liite 1. Uuden tuotantotilan pohjapiirustus



Liite 2. Karkea layoutversio

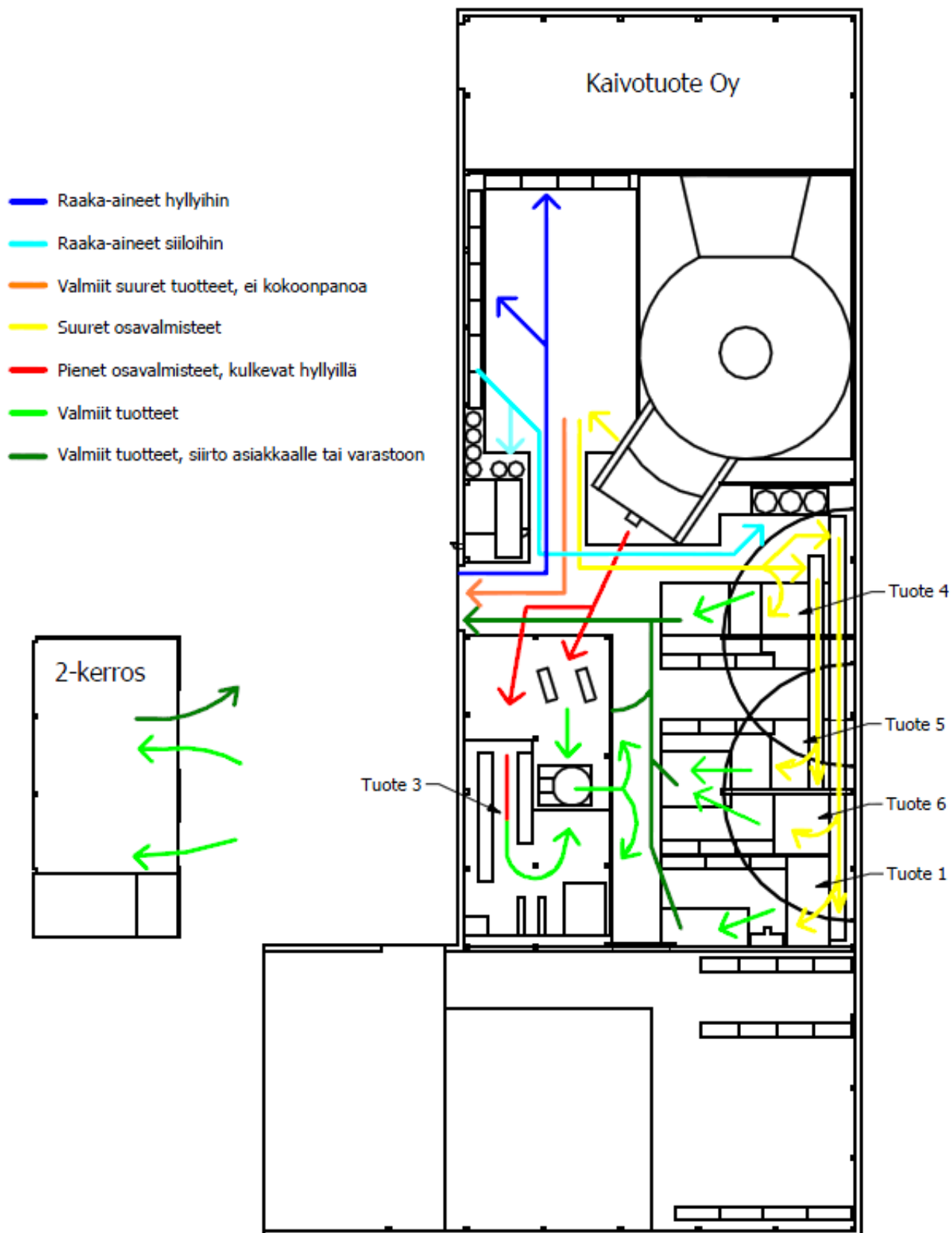


Liite 3. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 1.





Liite 4. Materiaalivirrat layoutvaihtoehdossa 2.



Liite 5. Materiaalivirrat lopullisessa layoutehdotuksessa.

